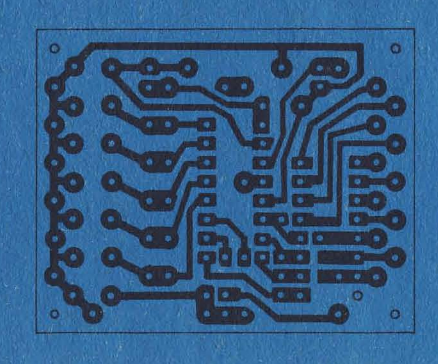
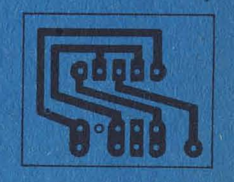


Gesamtauflage 1000000 Baupläne

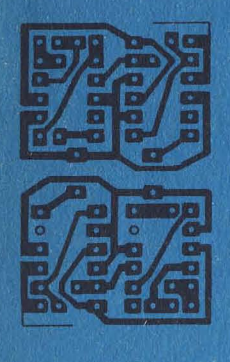


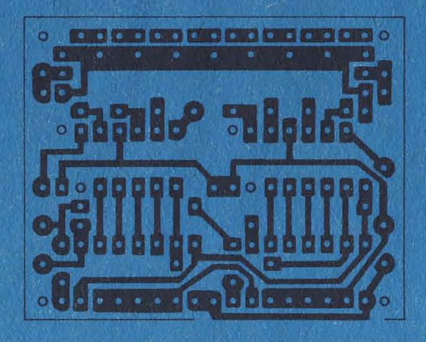


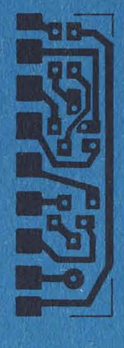
Bauplan 43
Preis 1,– M

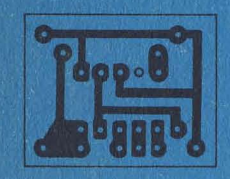
Jürgen Delfs
Klaus Schlenzig

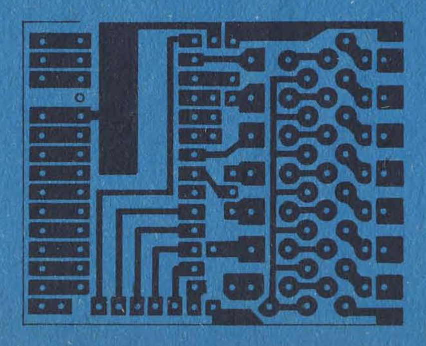
MOS-Schaltkreispraxis

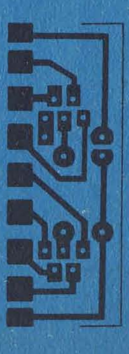












»typofix«-Folien
wieder im Handel

Inhalt

1. Einleitung

Der weitgehende Übergang von Einzeltransistorschaltungen zu Schaltkreisen mit bereits optimaler Auslegung auch in der Amateurpraxis wurde in der Reihe »Originalbaupläne« bisher schon durch Vorstellen und Einsatzbeispiele von TTL-Digital- und bipolaren Analogschaltkreisen vielfältig berücksichtigt. Ausgeklammert blieb dabei jedoch bisher die MOS-Technik, einer auch bei vielen Amateuren noch vorhandenen Reserviertheit entsprechend. Inzwischen hat sich aber das absehbare Angebot verbilligter »Anfall«-Bauelemente dieser Technologie um interessante MSI-Typen erweitert, die eine einführende Beschäftigung auch auf Bauplanebene sinnvoll erscheinen lassen. Was an Voreingenommenheit beim Amateur noch bleibt, nämlich das Problem der höheren Versorgungsspannung, läßt sich dabei leicht abbauen. Es gibt inzwischen ausreichend einfache Möglichkeiten dafür, und außerdem kann man auf Erfahrungen zum Betrieb vieler Schaltungen auch mit kleinerer als der vorgeschriebenen oder auch nur mit einer einzigen statt der meist vorgegebenen beiden Betriebsspannungen zurückgreifen.

Dieser Bauplan entstand in Zusammenarbeit mit einem auf diesem Gebiet tätigen Applikationsingenieur. Damit ist sichergestellt, daß nur solche Typen behandelt werden, für die der Hersteller auch eine entsprechende Lieferbereitschaft erkennen läßt.

Im Bauplan sind in bewährter Art sowohl Daten- als auch Schaltungsinformationen enthalten. Die umfangreichen Bauanregungen werden wieder durch Leiterplattenvorlagen in ätzfester »typofix-electronic-special«-Folie wirksam unterstützt.

2. »Anfall«-Bauelemente des VEB Funkwerk Erfurt (Daten, Übersicht)

Neben Silizium-Planar-Dioden produziert dieser Bauelementehersteller u. a. unipolare Halbleiterbauelemente, die nach dem Feldeffektprinzip arbeiten.

Durch eine Steuerelektrode, die vom übrigen Kristall isoliert ist, wird die Leitfähigkeit eines entsprechend dotierten Silizium-»Kanals« je nach anliegender Spannung verändert. Die Steuerelektrode heißt Gate, die gemeinsame Elektrode für Ein- und Ausgangskreis ist im allgemeinen das Source (»Quelle«), und das verstärkte Signal wird am Drain (»Senke«) abgenommen. Somit könnte man (stark vereinfacht) im Vergleich zum normalen Transistor Gate – Basis, Source – Emitter und Drain – Kollektor zuordnen. Dem Trägerkristall selbst muß ebenfalls ein Potential zugeführt werden. Sein Anschluß heißt Bulk (B). Im einfachsten Falle liegt er am Source, bei den vorliegenden Typen aber immer an der am wenigsten negativen Betriebsspannung.

Der Kanal ist bei den MOS-Transistoren (MOS = Metall-Oxid-Semiconductor) und -Schaltkreisen dieses Typensortiments »p-dotiert« und wird durch eine negative Steuerspannung am Gate leitfähig. (Daher Symbol für »Ruhezustand«: unterbrochene Linie!) Prinzipiell läßt sich die Flußrichtung des sich ergebenden Stroms im Kanal umkehren. Durch die Zuordnungen G–S Steuerkreis und D–S Ausgangskreis erhält aber im allgemeinen G negative Steuerspannungen und D negative Betriebsspannung.

Die Erfurter MOS-Typen werden in »Hochvolttechnologie« gefertigt. Sie benötigen daher Betriebsspannungen im Bereich bis etwa 30 V. Hochvolt-MOS-Schaltkreise für digitale Zwecke arbeiten nach »negativer Logik« (vergleiche Abschnitt 3.1.). Ein Zusammenspiel etwa mit TTL-Schaltkreisen erfordert darum Pegelumsetzer. Die fast leistungslose Steuerung und der relativ kleine Ausgangsstrom von MOS-IS führen zu anfangs ungewohnt hohen Widerstandswerten in den Schaltungen. Die Empfindlichkeit gegen Spannungen zwar kleiner Energie, aber mit hohem Spannungswert, bedingt, daß einige Behandlungsvorschriften zum Schutz vor statischen Aufladungen beachtet werden. Den relativ hohen Betriebsspannungen (für MOS-Digitalschaltkreise wurden –13 V und –27 V festgelegt) stehen erfreulich kleine Ströme gegenüber. Insgesamt ist der Leistungsbedarf der MOS-Schaltkreise kleiner als der vergleichbarer TTL-Typen. Beispiel: Ein 2NOR-Schaltkreis mit je 3 Eingängen (U 102 D) braucht etwa 1 mA bei 27 V, also je Gatter 13,5 mW. Dem stehen 11,6 mA (für L am Ausgang) bei 5,25 V für einen D 110 mit 3 NAND mit je 3 Eingängen gegenüber, also etwa 20 mW je Gatter (allerdings im ungünstigsten Betriebsfall). Man sollte sich also einerseits von den relativ hohen Spannungen nicht beeindrucken lassen (vergleiche Abschnitt 5.), andererseits aber auch nicht die kleinen Ströme allein sehen, da sich dahinter doch Leistungen verbergen, die besonders bei Transverterbetrieb aus kleinen Spannungen zu entsprechend höheren Eingangsströmen führen.

Gegenüber TTL-Schaltkreisen sind MOS-Schaltkreise wesentlich »langsamer«. Die Arbeitsfrequenzen liegen meist höchstens im Bereich einiger hundert Kilohertz. Für ihr Haupteinsatzgebiet – industrielle Steuerungen – ist das ohne Bedeutung. Im Gegenteil, wenn man sich bei TTL-Technik oft über Effekte wundert, deren Ursache schmale Nadelimpulse sind, die zwar oszillografisch nicht, in der Auswirkung dagegen um so stärker bemerkt werden, so reagiert eine MOS-Schaltung darauf weit weniger.

Der Einsatz von MOS-Schaltkreisen beim Amateur setzt Informationen zu ihren Besonderheiten und Anregungen zum Bau voraus. Beides vermittelt dieser Bauplan. Im folgenden nun zunächst eine Übersicht der »Anfall«-Bauelemente des VEB Funkwerk Erfurt für Amateurzwecke. Alle Bauelemente sind selbstverständlich voll funktionsfähig. Der Betriebstemperaturbereich beträgt 0 bis + 40 °C. Abweichungen am Gehäuse und an den Anschlüssen der »Anfall«-Bauelemente, die die Funktionsfähigkeit der Bauelemente nicht beeinflussen, sind zulässig (z. B. Kratzer am Gehäuse, Verzinnungsfehler an den Anschlüssen). Die »Anfall«-Bauelemente werden durch den normalen Typstempel und zusätzlich mit einer strichförmigen Einkerbung in der Kennungsecke (Integrierte Schaltkreise und Transistoren) bzw. an der Oberfläche des Gehäuses (Dioden) gekennzeichnet. Obwohl die Eingänge der p-Kanal-MOS-Bauelemente integrierte Schutzdioden enthalten, können sie durch hohe elektrostatische Aufladungen zerstört werden. Daher sind die Behandlungsvorschriften unbedingt zu beachten.

2.1. Silizium-Planar-Dioden SA 403, SA 412, SA 418

Tabelle 1 und Bild 1 informieren über die 3 Dioden-Typen des Amateursortiments. Die Bauform dieser Dioden bietet eine oftmals günstige Alternative zu Plastdioden mit starren Anschlüssen im Abstand von 2,5 mm. Ihre Anschlüsse können jenseits des verbreiterten Teils ab Rastermaß 10 mm abgebogen werden (am Gehäuse Anschluß nicht belasten!). Man kann sie aber auch stehend montieren, so daß sie an die Stelle der sonst üblichen Dioden treten, wenn die Daten diesen Austausch zulassen. Im Bauplan wurden daher beide Bauformen eingesetzt, je nach zweckmäßigster Leiterplattengestaltung.

2.2. MOS-Transistoren

Anschlußbilder und Daten der p-Kanal-Anreicherungstypen SMY 50, SMY 51 und SMY 52 sowie des SMY 60 gehen aus Tabelle 2 und Bild 2 hervor. Zu den MOS-Transistoren gehört auch der 6fach-Transistor U 105 D (Bild 3).

2.3. MOS-Schaltkreise

Die allen »Anfall«-Schaltkreisen gemeinsamen statischen Kennwerte (dynamische Kennwerte werden nicht gemessen) wurden in Tabelle 3 zusammengefaßt. Tabelle 4 enthält die in diesem Bauplan behandelten MOS-Schaltkreise niedrigen und mittleren Integrationsgrades. Eine Übersicht der Anschlußbelegungen und der logischen Schaltbilder geben Bild 4 und Bild 5.

Die Anschlußkurzzeichen haben folgende Bedeutung:

U 1, U 2, U_{GG}, U_{DD}, U_{SS}	Betriebsspannungen
G	Gate
S	Source
B	Bulk, Masse
a	Ausgang
S	Setzeingang
R,r	Rücksetzeingang
cp	Takteingang
iV	innere Verbindung (darf nicht beschaltet werden!)
e, j, k	Eingänge
p_s	Eingang Einschreibkommando
p 1 bis p 4	Dateneingang
u/d	Eingang Umschaltung Zählweise
cd	Eingang Zählsperre
bl	Eingang Sperrung der Ausgänge
st	Eingang Übernahme Speicher

Außer den hier vorgestellten Schaltkreisen ist der Rechnerschaltkreis U 821 D im Anfalltypensortiment enthalten. Informationen dazu findet man im Heft 179 der Reihe »electronica« des Militärverlages der DDR.

3. Typenübersicht MOS-Schaltkreise

3.1. Informationen zur »negativen Logik«

Entsprechend der inneren Struktur benötigen MOS-Schaltkreise vom p-Kanal-Anreicherungstyp gegen Masse (Bulk) negative Spannungen. Damit ist die kleinste negative Spannung (im Grenzfall also 0 V) dem logischen Pegel H zugeordnet; sie hat dabei die binäre Wertigkeit 0. Auf Masse liegende Ein- oder Ausgänge führen also bis zu einer Spannung von –2 V H-Pegel (H = high = hoch). L ist definiert als der Spannungsbereich ab –9 V nach negativen Spannungen hin. Das ergibt sich aus der relativ hohen nötigen Gatespannung, von der an erst ein Strom im Kanal fließt. Dieser Pegel hat die binäre Wertigkeit 1. Symbolik und Arbeitsweise aller MOS-Schaltkreise beziehen sich auf die folgende Zuordnung: L (»Signal«-Pegel): –9 V, H (»Masse«-Pegel): –2 V. Anders ausgedrückt: Eingangsspannung »L«: $-U_{eL} \geq 9$ V, »H«: $-U_{eH} \leq 2$ V. Minimaler statischer Störabstand: 1 V. Zur praktischen Erläuterung ein Beispiel für alle, die die positive TTL-Logik gewöhnt sind: AND in positiver Logik bedeutet, daß der Ausgang nur dann H führt, wenn alle Eingänge H erhalten, wobei H in positiver Logik der binären Wertigkeit 1 entspricht. Schon ein einziger auf L liegender Eingang erzwingt L am Ausgang. (L entspricht der Wertigkeit 0 in der positiven Logik.) Ein AND in negativer Logik dagegen führt nur dann am Ausgang L, wenn beide Eingänge auf L liegen. H auch nur an einem Eingang erzwingt H am Ausgang. Also merke man sich: In beiden Logikfamilien ergeben an Masse (bzw. an den der Masse am nächsten liegenden Pegel) geschaltete Eingänge eines AND diesen Pegel (mit der binären Wertigkeit 0) auch am Ausgang. Nur wenn alle Eingänge auf »1« liegen, erscheint 1 am Ausgang.

Also:

Negative Logik bei MOS-IS: H $\hat{=}$ 0 $\hat{=}$ U = 0 bis –2 V
L $\hat{=}$ 1 $\hat{=}$ U ab –9 V

Positive Logik bei TTL-IS: H $\hat{=}$ 1 $\hat{=}$ U ab +2 V (2,4 V)
L $\hat{=}$ 0 $\hat{=}$ U = 0 bis +0,4 V (+0,8 V)

Nur so sind die jeweiligen Wahrheitstabellen zu verstehen. Schließlich noch eine kurze Bemerkung zu

den relativ hohen Betriebsspannungen: Sie ergeben sich aus der hohen nötigen Steuerspannung (U_T) zum Öffnen des Kanals (daher –13 V mit L von –9 V) und aus der inneren Struktur der Gatter, die ja jeweils aus mehreren solchen MOS-Transistoren bestehen. Die Drainspannung muß für einwandfreies »Durchschalten« entsprechend höher sein. Die genauere Erläuterung dieser Tatsachen geht über den Rahmen dieses Bauplans hinaus. Empfohlen sei dazu Heft 163 der Reihe »electronica« vom Militärverlag der DDR. Bei Amateurbedingungen (es muß ja praktisch nur ein Exemplar optimiert werden) wird also nicht immer unbedingt die volle Spannung von 27 V gebraucht, auch wenn sie das Datenblatt fordert. In manchen Fällen bleiben sogar bei U 1 = U2 = –13 V noch viele Anwendungen funktionsfähig.

Es folgen nun zunächst Kurzinformationen zu MOS-Schaltkreisen kleinen Integrationsgrades (SSI).

3.2. NOR-Gatter U 102 D und U 106 D

Aus ebenfalls in der genannten Broschüre 163 näher erläuterten Gründen bietet sich in Hochvolttechnik vorwiegend die NOR-Struktur als Gattergrundschaltung an.

Der U 102 D enthält in einem 10poligen DIL-Gehäuse (7,5 mm Reihenabstand) 2 NOR-Gatter mit je 3 Eingängen und der U 106 D 4 NOR-Gatter mit je 2 Eingängen in einem 16poligen DIL-Gehäuse im Reihenabstand von 7,5 mm.

Der U 102 D benötigt nur eine Betriebsspannung (–U1 = 27 V), während für den U 106 D zwei Betriebsspannungen (–U1 = 27 V, –U2 = 13 V) erforderlich sind. Beide Schaltkreise haben Gegentaktausgangsstufen. Als maximaler Ausgangsstrom zum Treiben einer Bipolar-Transistorstufe steht 1 mA zur Verfügung. Dabei wird jedoch nicht mehr der geforderte Pegel für die Hochvoltserie garantiert. Dafür ist ein minimaler Lastwiderstand von 100 kΩ zugelassen. Als Richtwerte können für die Einschalt- bzw. Ausschaltverzögerungszeit 400 bis 600 ns angenommen werden. Eine wesentliche Rolle spielt die Lastkapazität, denn die MOS-Ausgangswiderstände liegen im Kiloohmbereich. Maximal sind 60 pF erlaubt, wenn die Schaltzeiten nicht überschritten werden sollen. Aus alldem folgt die Empfehlung, nicht mehr als 10 Eingänge an einen solchen Ausgang anzuschließen.

Bei Beachtung des vorigen Abschnitts werden die Funktionstabellen (Tabelle 5a und Tabelle 5b) verständlich: Invertiertes L (also H) am Ausgang erscheint, sobald auch nur ein Eingang L erhält. Nur dann, wenn alle Eingänge H führen, erscheint L am Ausgang.

3.3. Äquivalenz-Antivalenz-Gatter U 104 D

Der U 104 D enthält 2 Äquivalenz-Antivalenz-Gatter in einem 10poligen DIL-Plastgehäuse (Reihenabstand 7,5 mm). Er benötigt nur eine Betriebsspannung (U 1 = –27 V) und hat Gegentaktausgangsstufen. Als Richtwerte für die Einschalt- und Ausschaltverzögerungszeit werden 500 bis 700 ns angegeben.

Im Gegensatz zum NOR-Gatter ergibt sich am (nichtinvertierenden) Ausgang des U 104 D nur dann L, wenn entweder beide Eingänge gleichzeitig L oder gleichzeitig H erhalten (Tabelle 6). Das Verhalten läßt sich umkehren, wenn der invertierende Ausgang benutzt wird.

3.4. AND-Gatter U 107 D

Der U 107 D enthält in einem 16poligen DIL-Plastgehäuse mit einem Reihenabstand von 7,5 mm drei 2-Eingangs-AND-Gatter und ein 2-Eingangs-AND-NAND-Gatter. Dieser Schaltkreis braucht 2 Betriebsspannungen (U 1 = –27 V, U 2 = –13 V). Auch der U 107 D hat Gegentaktausgangsstufen, für deren zulässige Belastung gleiches wie für den U 106 D gilt. Als Richtwerte für Einschalt- und Ausschaltverzögerungszeit werden 300 bis 500 ns angegeben. Zur Wiederholung: AND in negativer Logik heißt: L am (nichtinvertierenden) Ausgang erscheint nur dann, wenn beide Eingänge L führen. In allen anderen Fällen bleibt der Ausgang auf H. Eines der 4 AND-Gatter des U 107 D hat außerdem einen invertierenden Ausgang, ist also wahlweise als AND oder NAND benutzbar (Tabelle 7).

3.5. Flip-Flop-Schaltkreise

2 MOS-Schaltkreise enthalten Flip-Flop: der U 103 D ein $\overline{RS}$T-Flip-Flop und der U 108 D zwei J-K-Flip-Flop.

Der U 103 D wird in einem 10poligen DIL-Plastgehäuse mit einem Reihenabstand von 7,5 mm gefertigt, der U 108 D in einem 22poligen DIL-Plastgehäuse mit einem Reihenabstand von 12,5 mm. Der U 103 D braucht nur 1 Betriebsspannung (U 1 = –27 V), während der U 108 D mit 2 Betriebsspannungen (U 1 = –27 V, U 2 = –13 V) versorgt werden muß.

Das $\overline{RS}$T-Flip-Flop U 103 D läßt sich durch die Eingänge R und S mit L-Pegel voreinstellen: Mit L an S erhält Ausgang a L-Potential. Das gleiche gilt mit L an R für Ausgang $\overline{a}$. Es ist nicht zulässig, daß sowohl an R als auch an S (gleichzeitig) L-Potential anliegt. Eine Umschaltung des Flip-Flop über cp mit der H/L-Flanke ist nur möglich, wenn sich sowohl an R als auch an S H-Potential befindet. Der U 103 D hat Gegentaktausgänge. Richtwerte für Einschalt- und Ausschaltverzögerungszeit sind etwa 600 ns.

Der Schaltkreis U 108 D enthält 2 J-K-Flip-Flop mit je 2 j- und 2 k-Eingängen. Die j- bzw. k-Eingänge sind »Oder«-verknüpft. Der Schaltkreis arbeitet nach dem Master-Slave-Prinzip. Nach dem H/L-Übergang des Taktimpulses an cp wird die Information in die Flip-Flop-Zwischenspeicher übernommen, wenn der entsprechende Vorbereitungseingang (j oder k) auf L liegt. Nach dem L/H-Übergang des Taktimpulses gelangt die Information in das Ausgangs-Flip-Flop. Wie der U 103 D läßt sich auch der U 108 D durch die Eingänge R und S voreinstellen.

Der U 108 D hat Gegentaktausgänge. Richtwerte für die Einschalt- bzw. Ausschaltverzögerungszeit sind 500 ns. Tabelle 8 und Tabelle 9 geben das Verhalten beider Schaltkreise wieder.

Zu den Schaltkreisen mittleren Integrationsgrades (MSI) gehören Teiler- und Zählerschaltkreise, Schieberegister sowie Programmwahl- bzw. Sensorschaltkreise. Zusammen mit Gatterschaltkreisen und Flip-Flop kann man umfangreiche und interessante Schaltungen aufbauen.

3.6. Frequenzteiler U 112 D

Der U 112 D ist ein Teilerschaltkreis mit sieben 1 : 2-Teilerstufen. Er wird in einem 14poligen DIL-Plastgehäuse mit einem Reihenabstand von 7,5 mm gefertigt.

3 Teilerstufen wurden mit getrennten Ein- und Ausgängen versehen. 4 weitere Teilerstufen sind paarweise zu 2 Teilerkombinationen mit je 1 Eingang und 2 Ausgängen für die Teilerverhältnisse 1 : 2 und 1 : 4 zusammengefaßt (Bild 6). Alle Teilerstufen können direkt in beliebiger Reihenfolge ohne zusätzliche Bauelemente zu einer Teilerkette zusammengeschaltet werden; alle Stufen haben Gegentaktausgänge.

Der Lastwiderstand für jeden Ausgang darf nicht kleiner als 6 kΩ sein. Dabei werden die für die Hochvolt-MOS-Schaltkreise geforderten Pegel eingehalten. Der U 112 D braucht nur eine Betriebsspannung (U 1 = –27 V). Die obere Grenzfrequenz der Eingangsspannung liegt bei etwa 125 kHz. Alle Teiler sprechen auf die H/L-Flanke des jeweiligen Eingangssignals an. Die Anstiegszeit der H/L-Flanke darf dabei den Wert von 10 µs nicht überschreiten. Die Verzögerungszeit zwischen Ein- und Ausgangssignal beträgt etwa 1 µs. Die Ausgangsspannung ist rechteckförmig. Der U 112 D ist zwar vorwiegend für den Einsatz in elektronischen Tasten-Musikinstrumenten vorgesehen, doch lassen sich mit ihm auch für viele andere Schaltungen beliebige Teilerverhältnisse herstellen. Leider kann man den U 112 D nicht rücksetzen.

3.7. Zählerschaltkreise U 121 D und U 122 D

2 MOS-Zählerschaltkreise sollen demnächst in den Handel gelangen: der U 121 D, ein 4-bit-BCD-Vor-/Rückwärtszähler, und der U 122 D, ein binärer 4-bit-Vor-/Rückwärtszähler.

Beide Schaltkreise werden in einem 28poligen DIL-Plastgehäuse mit einem Reihenabstand von 15 mm gefertigt. Die Anschlußbelegung beider Schaltkreise ist bis auf funktionsbedingt unterschiedliche Ausgänge gleich. Beide Schaltkreise benötigen die Betriebsspannungen U 1 = –27 V und U 2 = –13 V. Der U 121 D zählt von 0 bis 9 und gibt im 7-Segmentcode aus; er verfügt außerdem über die Binärausgänge 2^0, 2^1, 2^2, a_o (2^3).

Der U 122 D zählt von 0 bis 15, er gibt binär aus (direkt und negiert). In beiden Schaltkreisen ist ein Speicher enthalten, mit dem sich (unabhängig vom Zählteil) 4 bit speichern lassen.

Über die Paralleleingänge p1 bis p4 kann durch p_s eine Information direkt in den Zähl- bzw. Speicherteil übernommen werden. Mit dem Rücksetzeingang R läßt sich der Zähler zu jeder Zeit auf Null zurücksetzen. Durch die Trennung von Zähl- und Speicherteil über den Eingang st kann man z. B. den Zählerwert abspeichern, anschließend den Zählteil rücksetzen und, unbeeinflußt vom Speicherteil, einen neuen Zählvorgang realisieren.

Durch entsprechende Signalbelegung des Eingangs bl (Blanking) schalten die Ausgänge a1 bis a7 des U 121 D auf L (Anzeige wird bei H aktiviert), während die Ausgänge a1 bis a10 des U 122 D auf H schalten. Dadurch kann der U 121 D sehr günstig in Multiplexschaltungen eingesetzt werden. Die maximale Zählfrequenz für beide Schaltkreise beträgt 500 kHz. Für den Zählbetrieb ist nur die synchrone Betriebsweise zugelassen, d. h., alle Zähler erhalten den Takt gemeinsam und gleichzeitig. Bild 7 zeigt synchrone Zählschaltungen mit beiden Schaltkreisen.

Alle Ausgänge des U 121 D sind 1-Transistor-Ausgangsstufen, alle Ausgänge des U 122 D dagegen Gegentakttransistorausgangsstufen. In Tabelle 10 werden die Schaltungsmöglichkeiten der Zählerschaltkreise anschaulich dargestellt.

3.8. Statisches 5-bit-Schieberegister U 311 D

Der U 311 D wird im 16poligen DIL-Plastgehäuse mit einem Reihenabstand von 7,5 mm gefertigt. Er hat 5 parallele Dateneingänge (e1 bis e5), einen seriellen Dateneingang (e_s) und einen Befehlseingang (e_p) für paralleles Einschreiben. Für das serielle Schieben hat der U 311 D zwei Takteingänge, cp1 und cp2. Neben den beiden Taktspannungen, deren Bedingungen genau eingehalten werden müssen, benötigt dieser Schaltkreis nur die Betriebsspannung U 2 = –13 V. Für statischen Betrieb gilt: cp1 an Bulk, cp2 an –U1 (= 27 V). Für das parallele Einschreiben sind eine minimale Impulsdauer t_{ep} von 750 ns und eine maximale Anstiegszeit t_{epLH} von 3 µs einzuhalten. Für den Betrieb als statischer D-Flip-Flop-Speicher wird die an die Paralleleingänge e1 bis e5 angelegte Information mit U_{ep} = L eingespeichert und erscheint sofort an den Ausgängen a1 bis a5. Bei Betrieb als serielles Schieberegister wird die kapazitiv zwischengespeicherte Information mit Hilfe der angelegten Takte weitergeschoben. Der Eingang e_p liegt dabei statisch auf H. Die Information wird seriell an e_s gelegt. Nach einem Takt erscheint sie am Ausgang a1, nach n Takten an a_n.

Betrieb als Parallel-Serien-Wandler: Auch im dynamischen Betrieb ist eine Parallelübernahme möglich, und zwar bei der Bedingung $e_p \cdot cp_2$ = L und cp_1 = H. Der Befehl für das parallele Einschreiben muß dabei den Betriebsbedingungen für das parallele Einschreiben genügen. Mit dem nächsten Takt wird die Information seriell um 1 bit weitergeschoben. Falls die serielle Weitergabe nicht sofort erwünscht ist, muß cp1 für die entsprechende Zeit auf H gelegt werden.

Eine geeignete Taktformer-Schaltung, die die notwendigen Taktbedingungen für den U 311 D einhält, zeigt Bild 9.

Über den Takteingang cp gelangen die Taktimpulse zu einem Differenzierglied (C1, R1), das die Impulslänge unter 10 µs begrenzt. Über den Transistor, der eine Spannungsfestigkeit von mindestens 27 V haben muß, wird der Taktimpuls verstärkt, so daß am Kollektor die Taktimpulse für cp2 abgenommen werden können. Gleichzeitig gelangt der Eingangsimpuls von cp über R3 zu einem Negator (1/4 U 106 D). Neben der notwendigen Negation wird gleichzeitig eine minimale Verzögerung des Impulses erreicht. Das nachfolgende Differenzierglied (C2, R2) verkürzt den Impuls noch mehr als das obere Differenzierglied (C1, R1). Der nachfolgende Transistor verstärkt wieder den Impuls; am Kollektor kann dann der Taktimpuls für cp1 abgenommen werden.

Der Kondensator C3 (33 nF) von U1 gegen Masse schützt die Taktformerschaltung vor Störimpulsen. Er sollte auf keinen Fall vergessen werden.

Bei Anschluß von mehr als 4 Schaltkreisen U 311 D ist zur Impulsverstärkung je 1 Transistorstufe nachzuschalten (Bild 10).

3.9. Programmwahlschalter U 700 D

Der U 700 D wird in einem 22poligen DIL-Plastgehäuse mit einem Reihenabstand von 12,5 mm gefertigt. Über 6 Paralleleingänge können 6 Programmstellen durchgeschaltet werden. Beim Anlegen der Betriebsspannung wird immer Programmstelle 1 eingeschaltet. Der U 700 D braucht die Betriebsspannung U 1 = –27 V. Durch Berühren der Taste eines Eingangs wird an dem dazugehörigen Ausgangspaar eine Spannung durchgeschaltet, die z. B. im Fernsehgerät zum einen als Abstimmspannung an die

Abstimmpotentiometer angelegt und zum anderen zum Ansteuern der Schaltstufen für die Bereichswahl benutzt wird. Anders ausgedrückt: Bei Belegung eines Paralleleingangs mit L schaltet das dazugehörige Ausgangspaar auf H. Gleichzeitig wird das Ausgangspaar, das zuvor eingeschaltet war, gelöscht, also auf L gelegt. Alle Ausgänge sind elektrisch gleichwertig. Der U 700 D hat 1-Transistor-Ausgangsstufen.

Bei Benutzung des Fernsteuereingangs e_s arbeitet der Schaltkreis als Ringzähler, so daß jeder Impuls (H/L-Flanke am Fernsteuereingang) um eine Programmstelle weiterschaltet. Für den fehlerfreien Ringzählerbetrieb wird an e_s ein Fernsteuerimpuls mit einer Länge von 60 bis 200 μs benötigt. Seine Flankensteilheit muß besser als 10 μs sein. Die Ausgangsstufen dürfen maximal mit 1mA belastet werden.

3.10. 8-Kanal-Sensorschaltkreis U 710 D

Der U 710 D wird in einem 16poligen DIL-Plastgehäuse mit einem Reihenabstand von 7,5 mm gefertigt. Er enthält einen 3-bit-Binärzähler. Über 8 Paralleleingänge können mit L an den 3 Binärausgängen A1, A2, A3 die Zahlen 0 bis 7 dargestellt werden. Den Ausgang A4 benutzt man im wesentlichen zur Zusammenschaltung mit einem zweiten U 710 D zum 16-Kanal-Betrieb. Der U 710 D wird in der Sensorelektronik von Rundfunk- und Fernsehgeräten als Eingangsschaltkreis im Zusammenwirken mit dem Dekodierschaltkreis U 711 D für 8- oder 16-Kanal-Betrieb eingesetzt. Die Zählerfunktion spricht auf die H/L-Flanke des Taktimpulses am Anschluß e_s an (serieller Betrieb). Wie beim U 700 D muß auch beim U 710 D der Taktimpuls eine Länge von 60 bis 200 μs haben. Ebenso gilt für die Flankensteilheit des Taktimpulses t1 $\leq$ 10 μs. Die Information wird über Gegentaktausgangsstufen ausgegeben, die maximal mit 1 mA belastet werden dürfen. Beim Einschalten der Betriebsspannung wird der Zähler in die Vorzugslage, den Zustand 1 (H, H, H), gesetzt. In dieser Grundbetriebsart liegen die Anschlüsse e_{VL} auf dem Potential von U1; a4 liegt auf Bulkpotential. Bild 11 zeigt den Übersichtsschaltplan des U 710 D.

Die Realisierung eines 4-bit-Zählers ist durch die Verknüpfung von 2 Schaltkreisen U 710 D möglich. Dabei erfüllt der Anschluß a4 eine kombinierte Ein- und Ausgangsfunktion. Seine Pegeländerung steuert das Zusammenwirken beider Zähler. Die Abschaltung eines der beiden Schaltkreise wird jeweils über eine interne Verknüpfungslogik bewirkt. Dabei liegt der Anschluß e_{VL} des ersten Schaltkreises (1 bis 8) auf U1-Potential und der des zweiten Schaltkreises (9 bis 16) auf Bulkpotential. Die jeweiligen Ausgänge a1 bis a4 und die Eingänge e_s der beiden Schaltkreise werden zusammengeschaltet.

3.11. Dekodierschaltkreis U 711 D

Der U 711 D wird in einem 16poligen DIL-Plastgehäuse mit einem Reihenabstand von 7,5 mm gefertigt. Er enthält einen Binär-zu-1-aus-8-Dekoder. Den U 711 D benutzt man vorwiegend in der Sensorelektronik als elektronischen Kanalschalter im Zusammenwirken mit dem U 710 D für 8- oder 16-Kanal-Betrieb. Die binäre Eingangsinformation über die Eingänge e1, e2, e3 wird über eine Matrixschaltung in einen 1-aus-8-Code umgesetzt, wobei immer nur die entsprechende Ausgangsstufe auf H schaltet. In dieser Betriebsart ist der Eingang e4 auf Bulkpotential zu legen, e_{VL} erhält U1-Potential.

Die Zusammenschaltung von 2 Schaltkreisen U 711 D zu einem Binär-zu-1-aus-16-Dekoder wird durch die unterschiedliche Belegung des Eingangs e_{VL} realisiert. Dabei liegt der Anschluß e_{VL} des ersten Schaltkreises (1 bis 8) auf U1-Potential und der des zweiten Schaltkreises (9 bis 16) auf Bulkpotential. Die jeweiligen Eingänge e1 bis e4 werden zusammengeschaltet.

4. Einsatzbeispiele

4.1. Kurzzeitschalter mit MOS-Transistoren

Bild 12a zeigt einen Kurzzeitschalter mit MOS-Transistoren. In der Ausgangslage ist der Taster und damit auch Transistor 1 geöffnet, da sein Gate über R1 an U1 liegt. Dadurch hat der Drainanschluß H-Potential, und Transitor 2 ist gesperrt. Durch kurzzeitiges Schließen des Tasters erhält das Gate des ersten Transistors Massepotential, und dieser Transistor wird gesperrt. Der zweite Transistor öffnet, und die Leuchtdiode leuchtet. Über den Widerstand R1 wird der Kondensator C nach Loslassen des Tasters langsam wieder aufgeladen. Nach einer entsprechenden Zeit ($\tau \approx R1 \cdot C$), wenn die Schwellspannung überschritten wird, stellt sich wieder die Anfangslage ein, und die Leuchtdiode erlischt.

Mit dieser Schaltung läßt sich z. B. eine Zeit von 3 Minuten, wie sie u. a. für gründliches Zähneputzen gebraucht wird, anzeigen.

An Stelle der Leuchtdiode mit Vorwiderstand kann auch bei 12 bis 14 V Betriebsspannung ein Relais GBR 111–12 o.ä. mit paralleler Schutzdiode angeschlossen werden. Damit wird der Zeitschalter z. B. im Fotolabor zum Schalten einer Belichtungslampe verwendbar. Der Widerstand R1 sollte in diesem Fall aus vielen umschaltbaren Widerständen zur Realisierung der gewünschten Einschaltzeiten bestehen. 6 Zeiten wurden auf der Leiterplatte nach Bild 12b bereits berücksichtigt.

Wenn auch zunächst für diesen Zeitschalter bei einem gegebenen Kondensator (reststromfreier MKL-Typ, kein Elektrolytkondensator!) beliebig hohe Widerstände zu entsprechend großen Schaltzeiten führen müßten, setzt die Praxis doch 2 Grenzen: den Material- und Oberflächenwiderstand der Leiterplatte (trockenes, sauberes Hartpapier in der Größenordnung von 100 MΩ) und den bei Anfalltypen relativ hohen zulässigen Gatereststrom. Glücklicherweise liegen die meisten Exemplare weit unter den in der Tabelle angegebenen 100 μA, doch sollte man an diesen Grenzwert denken, wenn die erwartete Zeit einmal nicht erreicht wird.

4.2. Entprellung

Schalter und Tasten haben die unangenehme Eigenschaft zu prellen, d. h., beim Schließen oder Öffnen kommt es zu mehrfachen Kontaktberührungen im Millisekundenbereich, bis der Endzustand erreicht ist. Diese Mehrfacheingaben führen zu undefinierten Zuständen in digitalen Systemen, und es gilt, sie zu unterdrücken. Die einfachste Möglichkeit dazu stellt ein RC-Glied nach Bild 13a dar, das zwischen Kontakt und Gattereingang gelegt wird. Das L-Potential am Eingang wirkt beim Schließen des Kontakts erst, wenn der entsprechende Kondensator aufgeladen ist. Beim Öffnen des Kontakts wird es erst unwirksam, wenn der Kondensator entladen ist. Diese Schaltungsart führt allerdings zu relativ weichen Schaltflanken.

Steilere Flanken liefert die Schaltung nach Bild 13b mit einem AND-Gatter als Verstärker. Günstiger sind Entprellschaltungen mit Flip-Flop im Sinne von Bild 13c und Bild 13d. In der Schaltung nach Bild 13c wird das Flip-Flop durch 2 NOR-Gatter (1/2 U 106 D) gebildet. Je nach Nutzung der Ausgänge kann Eingang e1 oder e2 zum Einschalten benutzt werden. Mit dem anderen Eingang setzt man jeweils wieder zurück.

In der Schaltung nach Bild 13d wird mit dem $\overline{R}$ST-Flip-Flop U 103 D entprellt. Mit der angegebenen Beschaltung entsteht nach der ersten H/L-Flanke an C am Ausgang a das Potential L und am Ausgang $\overline{a}$ das Potential H. Über R kann mit L zurückgestellt werden. Für die beiden zuletzt genannten Möglichkeiten sind in Bild 13 zwei Leiterplatten enthalten, die sogar jeweils 2 Entprellschaltungen tragen. Die Leiterplatte zu 13d läßt sich in 2 Entprellschaltungen trennen.

4.3. Monoflop

Neben dem Flip-Flop (in Abschnitt 4.2. als entprellendes Eingabeglied vorgestellt) ist das Monoflop eine wichtige Grundschaltung der Digitaltechnik. Bild 14 zeigt eine Monoflopschaltung mit 2 NOR-Gattern und 1 AND-Gatter. Das Monoflop arbeitet folgendermaßen: Ohne Signal am Eingang e liegt am Ausgang a1 des ersten NOR-Gatters L-Potential; am Ausgang a2 des AND-Gatters ist H-Potential

vorhanden. Erhält Eingang e einen kurzen L-Impuls, so entsteht am Ausgang a1 H und am Ausgang a2 L. Durch die Verbindung von a2 mit dem einen Eingang des ersten NOR-Gatters wird dieser Zustand so lange gehalten, bis der Impuls am Ausgang des Differenzierglieds (RC) durch Aufladen des Kondensators wieder auf H zurückgeht. (Das RC-Glied bestimmt somit die Kippzeit des Monoflop.) Jetzt kippt das Monoflop wieder in die Ausgangslage zurück. Am Ausgang entsteht also ein L-Impuls mit einer durch das RC-Glied festgelegten Länge, wenn an den Eingang ein kurzer L-Impuls gelangt. Er kann aber auch größer als $\tau = R \cdot C$ sein, wenn dieser definierte Impuls an a2 abgenommen wird. Für den Ausgang a1 dagegen muß der Eingangsimpuls kleiner als $\tau = R \cdot C$ sein. Andernfalls wird die Dauer des Ausgangsimpulses an a1 von der Dauer des Eingangsimpulses bestimmt. Diese Schaltung gestattet also u. a. die Unterscheidung von Impulsen unterschiedlicher Länge, wenn die Signale an beiden Ausgängen ausgewertet werden. Damit rechtfertigt sich auch der auf den ersten Blick etwas hoch erscheinende Schaltkreisaufwand.

Für diese Schaltung wurde wegen der nur teilweisen Ausnutzung der Gatter keine Leiterplatte entworfen, da das erst in Verbindung mit weiteren Schaltungsteilen sinnvoll ist, in denen die jetzt noch freien Gatter der beiden Schaltkreise benutzt werden. Bei Bedarf kann dabei auf »typofix-electronic-universal«-Folie zurückgegriffen werden.

4.4. Sensorschaltungen

Für viele Anwendungen ist der hohe Eingangswiderstand der MOS-Bauelemente von großem Nutzen. Das trifft u. a. auf Sensorschaltungen zu. Gegenüber mechanischen Tasten haben Sensortasten den Vorteil, daß ein leichtes Berühren der beiden Sensorflächen mit der Fingerspitze genügt, um einen Strompfad zu schalten. Zusätzlich lassen sich höhere Zuverlässigkeitswerte für diesen Schaltungsteil gegenüber mechanischen Tasten erreichen. Bild 15a zeigt zunächst eine Sensorschaltung mit einem MOS-Transistor. Das Gate des MOS-Transistors liegt über einen Widerstand von 3,3 MΩ an Masse. Der Transistor ist somit gesperrt. Wird nun ein Finger auf die Sensortaste gelegt, so ergibt sich eine Spannungsteilung, bei der am Gate eine Spannung entsteht, die größer als die Schwellspannung des MOS-Transistors ist. Damit wird der Transistor geöffnet, d. h., sein Kanal leitet. Eine in der Drainleitung liegende Leuchtdiode VQA 12 zeigt diesen Zustand an. Diese Schaltung nach Bild 15a wirkt also wie ein Taster. In der Schaltung nach Bild 15b wird das $\overline{\mathrm{RS}}$T-Flip-Flop U 103 D verwendet. Der U 103 D ist wie ein 1 : 2-Teiler geschaltet. In dieser Schaltungsart wird durch das erstmalige Berühren der Sensortaste z. B. der Ausgang a auf L und beim zweiten Berühren auf H geschaltet. Das läßt sich für einen kombinierten Ein- und Ausschalter nutzen. Bei dem nachgeschalteten Transistor bedeutet H Sperrung und L Öffnung der Drain-Source-Strecke (die LED leuchtet). Bild 15c zeigt, wie man solche Sensorflächen auf Leiterplatten gestalten kann. Es empfiehlt sich, die Flächen zu verzinnen. Zu Bild 15b wurde eine Leiterplatte entworfen (Bild 15d), die mit 2 solchen Sensorschaltern bestückt oder auch (geteilt) einzeln verwendet werden kann.

4.5. Vergleicher

In einem Schaltkreis U 104 D befinden sich 2 Äquivalenz-Antivalenz-Gatter. Eine solche Schaltung führt bei gleichen Eingangspegeln an beiden Eingängen e1 und e2 am Ausgang a L-Potential und am Ausgang $\overline{a}$ H-Potential. Diese Eigenschaft wird in der Vergleicherschaltung nach Bild 16a genutzt. Legt man z. B. die Eingänge e1 auf Masse, so kann man von einer 4stelligen Digitaluhr, die mit Schaltkreisen vom Typ U 311 D aufgebaut wurde, die gewünschten Ausgänge für Stunden (Einer und Zehner) und Minuten (ebenfalls Einer und Zehner) an die Eingänge e2 legen. Beim Erreichen der vorgewählten Uhrzeit erhalten dann alle Eingänge H-Potential, und an den 4 Ausgängen $\overline{a}$ entsteht H. Das nachfolgende Dioden-Oder-Glied sichert, daß am Ausgang a nur H entsteht, wenn alle 4 Gatterausgänge H-Potential haben. Mit dem Ausgang a kann z. B. über einen Transistor ein Relais angesteuert werden, das einen Summer oder auch einen Rundfunkempfänger als Wecktongeber anschaltet.

Die Leiterplatte nach Bild 16b enthält bis auf das Relais alle für den Vergleicher nötigen Teile. Mit dem Transistorausgang kann auch eine Leistungsstufe oder u. U. sogar ein Thyristor geschaltet werden.

4.6. Frequenzverdopplerschaltung

Mit 2 Äquivalenz-Antivalenz-Gattern, also mit einer IS vom Typ U 104 D, läßt sich eine Frequenzverdopplerschaltung aufbauen (Bild 17a). Die Eingänge e12 und e22 werden verbunden und über 100 kΩ an Masse geschaltet. Der Ausgang a des ersten Gatters wird über ein Integrierglied mit dem Eingang e21 verbunden. Das wirkt als Impulsverzögerung. Ohne Signal am Eingang e liegt am Ausgang a H-Potential an. Mit der ersten H/L-Flanke am Eingang e entsteht sofort auch an e22 L-Potential. Da aber für kurze Zeit an e21 noch L-Potential liegt, entsteht am Ausgang a auch L. Der L-Pegel am Ausgang a bleibt jedoch nur solange erhalten, wie auf Grund der Verzögerung des Integrierglieds das H an e21 noch nicht wirksam wird. Danach schaltet der Ausgang a wieder auf H. Es entsteht ein kurzer Impuls. Das gleiche passiert am Ausgang a, wenn der Eingang e von L nach H zurückschaltet. Jedem Eingangsimpuls entsprechen damit 2 Ausgangsimpulse. Das bedeutet eine Frequenzverdopplung (siehe Impulsdiagramm nach Bild 18). Allerdings hat die neue Impulsfolge ein anderes Tastverhältnis. Die Werte von R und C des Integrierglieds richten sich nach der Eingangsfrequenz, deren obere Grenze bei 500 kHz liegt. Es muß $R \cdot C < 1/2f$ gelten, wenn f die Eingangsfrequenz ist. Eine Leiterplatte zur Schaltung nach Bild 17a zeigt Bild 17b.

4.7. Frequenzteiler mit U 103 D

Für Frequenzteiler gibt es in der Digitaltechnik ebenfalls zahlreiche Anwendungen, z. B. in Uhren. Mit $\overline{\mathrm{RS}}$T-Flip-Flop vom Typ U 103 D lassen sich Frequenzteilerketten für beliebige Teilerfaktoren aufbauen. Bild 19a zeigt den U 103 D als 1 : 2-Teiler. Durch die Verbindung von $\overline{\mathrm{R}}$ mit $\overline{a}$ und von $\overline{\mathrm{S}}$ mit a wird der Pegel an $\overline{\mathrm{R}}$ und $\overline{\mathrm{S}}$ ständig umgeschaltet. Bei jeder neuen H/L-Flanke ist also eine Pegeländerung an den Ausgängen wirksam. Die Setzeingänge R und S liegen an Masse und beeinflussen damit die Schaltung nicht. In Bild 19b liegen 2 Schaltkreise hintereinander, so daß sich eine 1 : 4-Teilung ergibt. Schaltet man entsprechend viele 1 : 2-Teiler hintereinander, so lassen sich beliebig hohe Teilerverhältnisse realisieren. Durch Zusammenschalten aller S- oder aller R-Eingänge kann man die Teilerstufen auch rücksetzen. Das ist für viele Anwendungen nötig, wo eine definierte Anfangsphase gebraucht wird.

Bild 19c zeigt, wie man durch Rückführungen Teilerverhältnisse außerhalb der Reihe 2^n realisieren kann. Die angegebene asynchrone Teilerkette enthält eine Rückführung zum dritten Flip-Flop. Es wird erreicht, daß nach jeder H/L-Flanke am Ausgang a ein differenzierter Impuls auf S des dritten Flip-Flop einwirkt und diesen voreinstellt. Dadurch erscheint nicht erst nach jedem 16., sondern schon nach jedem 12. Eingangsimpuls am Ausgang a ein Zählimpuls. 4 Zählschritte werden durch das Voreinstellen übersprungen. Zum Schutz des MOS-Eingangs (Setzeingang S) liegt am Differenzierglied eine Diode, die den positiven Spannungsimpuls gegen Masse schaltet. Zu den Teilern 1 : 2 und 1 : 4 enthält Bild 19 Leiterplatten, wobei 1 : 4 2fach angeboten wird, sich also in 2 × 1 : 4 trennen oder zu 1 × 1 : 16 verknüpfen läßt. Die Leiterplatte zum Teiler 1 : 12 nach Bild 19c ist nicht in den »typofix«-Bögen enthalten und muß daher bei Bedarf selbst kombiniert werden; vergleiche Bild 19f.

4.8. Teilerschaltungen mit U 112 D

Gegenüber dem U 103 D gestattet der U 112 D mit seinen sieben 1 : 2-Teilerstufen wesentlich kompaktere Teilerschaltungen. Im Gegensatz zum U 103 D ist der U 112 D jedoch nicht rücksetzbar, so daß nach dem Einschalten der erste Impuls der auf 1 : n geteilten Frequenz früher als nach n Eingangsimpulsen am Ausgang erscheint. Erst von diesem Zeitpunkt an ist der richtige Betrieb gewährleistet. Bild 20a zeigt eine Teilerschaltung für 1 : 3. Durch Rückführung über ein Differenzierglied und einen Negator wird bei L am Ausgang a der Eingang der zweiten Teilerstufe kurzzeitig auf H gezogen und damit voreingestellt. Für diese Aufgabe werden nur 2 von 7 Teilerstufen eines U 112 D benötigt.

Bild 20b zeigt eine realtiv lange Teilerkette, wie sie u. a. in einer Uhr eingesetzt werden kann. Sie teilt 1 : 6 000 000 (also z. B. eine Quarzfrequenz von 100 kHz auf 1 Minute). Dafür sind 23 1 : 2-Teilerstufen notwendig, also (nicht ganz) 4 Schaltkreise U 112 D. Diese Schaltung erfordert an 7 Punkten Rückführungen. Eine solche Last ist für ein NOR-Gatter zu groß. Daher wurde ein SMY 50 als Negator eingesetzt. Auf Leiterplatten zu diesen Schaltungen wurde verzichtet, da solche Teiler meist erst im Rahmen einer größeren Schaltung sinnvoll werden.

4.9. Taktgenerator

NOR-Gatter sind als Grundbausteine von Multivibratoren, die man in Digitalschaltungen z. B. als Taktgenerator braucht, gut geeignet.

Bild 21a zeigt einen freischwingenden Multivibrator. Für die Schwingungserzeugung sind neben 2 Negatoren der einstellbare Widerstand R und der Kondensator C unbedingt notwendig. Die Diode SA 403 und der 10-kΩ-Widerstand dagegen stellen lediglich eine Schutzschaltung für den MOS-Gattereingang dar. Gemäß den Vorschriften des Herstellers ist es nicht zulässig, die Eingangsschutzdioden von MOS-Eingängen für Begrenzerzwecke zu verwenden. Eine solche Diode hat ausschließlich die Aufgabe, den MOS-Eingang vor statischen Aufladungen zu schützen. Mit dem Vorwiderstand von 10 kΩ wird erreicht, daß die positive Spannungsspitze, die durch die RC-Schaltung entsteht, über die Diode SA 403 und nicht über die Gateschutzdiode des MOS-Eingangs abgeleitet wird. Für die meist erforderliche Flankenversteilerung der rechteckförmigen Ausgangsimpulse empfiehlt es sich, 1 bis 2 Gatter nachzuschalten. Aus den Gatterschaltzeiten des U 106 D läßt sich ermitteln, daß ohne weiteres mit der angegebenen Schaltung Taktfrequenzen bis 1 MHz erzeugt werden können. Für sehr niedrige Generatorfrequenzen, die einen Kondensator von mehr als 10 nF benötigen, muß diesem Kondensator ein Widerstand von etwa 22 kΩ in Reihe geschaltet werden, damit die MOS-Ausgänge nicht überlastet werden. Bild 21b zeigt nahezu den gleichen Multivibrator wie Bild 21a. Die Modifikation besteht darin, daß ein Eingang des zweiten Gatters über einen Widerstand an Masse geschaltet wurde. Über einen Taster kann dieser Gattereingang mit U2 verbunden werden. Dadurch wird der Ausgang des zweiten Gatters fest auf H gelegt, und der Multivibrator schwingt nicht mehr. Ebenso läßt sich der Gattereingang über einen Widerstand auf U2 legen und der Taster mit Masse verbinden. Dann schwingt der Generator nur bei gedrückter Taste.

Der quarzstabilisierte Taktgenerator nach Bild 21c kann z. B. in einer Digitaluhr eingesetzt werden. Diese Schaltung unterscheidet sich von den anderen lediglich durch die Reihenschaltung des Quarzes mit dem Kondensator C. Die Betriebsspannung dieses Generators sollte gut stabilisiert werden, da von ihr die Frequenzstabilität entscheidend beeinflußt wird. Eine für alle 3 Schaltungsvarianten geeignete Leiterplatte zeigt Bild 21d.

4.10. Elektronischer Würfel mit Ziffernanzeige

Mit einem dekadischen Zählerschaltkreis U 121 D und einem U 106 D läßt sich ein elektronischer Würfel bauen, der das jeweilige Ergebnis über eine 7-Segment-Anzeige VQB 71 angibt (Bild 22). Von den 4 NOR-Gattern des U 106 D werden 2 zu einem freischwingenden Generator verknüpft. Frequenzbestimmend sind der Stellwiderstand von 500 kΩ (470 kΩ) und der Kondensator von 470 nF. Da die Ausgänge der MOS-Schaltkreise nur mit maximal 10 nF belastet werden dürfen, wurde ein Schutzwiderstand von 22 kΩ in Reihe zu diesem Kondensator geschaltet. Mit dem 500-kΩ-Stellwiderstand läßt sich die gewünschte Würfelfrequenz einstellen. Die nachgeschalteten beiden NOR-Gatter bewirken eine Flankenversteilerung, die für den Zähleingang cp des Zählerschaltkreises U 121 D benötigt wird. Durch Beschalten eines Eingangs des letzten NOR-Gatters mit 100 kΩ gegen U2 wird der Durchgang der Zählerimpulse zunächst gesperrt. Erst dann, wenn die Taste gedrückt wird, erhält der Eingang H-Potential, und die Zählimpulse gelangen zum Zähler. Mit u/d an U2 ist der Zähler auf die Betriebsart »vorwärts« geschaltet. Der Anschluß cd liegt an Masse. Dadurch wird der Zähleingang freigegeben. Da die Paralleleingabe beim U 121 D nicht genutzt wird, sind die im Bild eingetragenen Beschaltungen von ps und p1 bis p4 nötig. (Im Gegensatz zur TTL-Technik dürfen Eingänge von MOS-Bauelementen nicht unbeschaltet gelassen werden!) Da beim Würfel nur 1 bis 6 gezählt wird, wurden die Ausgänge 2^0, 2^1 und 2^2 des Zählerschaltkreises verbunden und über 100 kΩ an U2 geschaltet. Wenn der Zähler auf 7 schaltet, wird an p_s H-Potential wirksam und eine Eins eingeschrieben. Dadurch blendet man die Null aus, wenn der Zähler auf 7 schaltet. Das Zusammenschalten der Ausgänge ist gestattet, da der U 121 D Open-Drain-Ausgänge (1-Transistor-Ausgänge) hat. Mit den Ausgängen a1 bis a7 wird über beliebige Siliziumtransistoren die VQB 71 angesteuert. Für die Stromverstärkung der Transistoren reicht ein $\beta \geq 20$ aus, da die Basiswiderstände von 27 kΩ einen Basisstrom von etwa 0,5 mA bereitstellen. Der Segmentstrom wird mit 1 kΩ auf etwa 10 mA begrenzt. Die Anode der VQB 71 legt man direkt an Masse. Bei gedrückter Taste gelangen die Zählimpulse auf den Zähler. Die Frequenz des Generators sollte so eingestellt werden, daß die Anzeige flimmert. Nach dem Loslassen der Taste steht die Anzeige, und die gewürfelte Zahl kann abgelesen werden.

Die für viele MOS-Schaltkreise nötigen beiden Betriebsspannungen (U1 = –27 V, U2 = –13 V) lassen sich für Amateurzwecke vielfach zu einer zusammenfassen. Dazu muß man den Widerstand von 100 kΩ an den Ausgängen des Zählers (2^0, 2^1, 2^2) auf 220 kΩ erhöhen (bei U1 = U2 = –27 V) und die 7 Widerstände der VQB 71 von 1 kΩ auf 2 kΩ bis 2,2 kΩ vergrößern. Die übrige Schaltung kann unverändert bleiben. Versuche haben ergeben, daß diese Schaltung sogar in den meisten Fällen bis U1 = U2 = –12 V noch einwandfrei funktioniert.

Wer einen langsam »austrudelnden« Würfel wünscht, kann den Generator nach Bild 23 verwenden, der eine kontinuierlich kleiner werdende Frequenz erzeugt. An Stelle des 500-kΩ-Stellpotentiometers im ursprünglichen Generator wird ein MOS-Transistor SMY 50 eingesetzt (als veränderbarer Widerstand). Bei geöffnetem Taster liegt das Gate des SMY 50 auf Massepotential, und der Transistor sperrt. Damit ist der Widerstand zwischen Drain und Source so groß, daß der Generator nicht schwingen kann. Bei gedrückter Taste erhält das Gate U2-Potential, und der Transistor wird voll geöffnet. Mit dem Stellwiderstand kann die gewünschte Frequenz eingestellt werden. Nach dem Loslassen der Taste wird der Kondensator von 3,3 µF über den Widerstand 4,7 MΩ langsam entladen. Damit ändert sich auch die Gatespannung des MOS-Transistors; sie wandert langsam von U2 gegen 0 V. Der MOS-Transistor wird nun langsam gesperrt und damit die Drain-Source-Strecke immer hochohmiger. Nach Unterschreiten der Schwellspannung ist der Durchlaßwiderstand wieder so groß geworden, daß der Generator nicht mehr schwingt. Auf der Anzeige ergibt sich nach dem Loslassen der Taste ein immer langsamer werdendes Flimmern, bis schließlich nach einigen Sekunden eine Zahl stehenbleibt. Durch Änderung des RC-Glieds beim Taster lassen sich entsprechende »Trudelzeiten« einstellen. Für diesen Würfel wurde keine spezielle Leiterplatte angefertigt. Der Taktgenerator z. B. läßt sich mit der bereits im vorigen Abschnitt vorgestellten Leiterplatte realisieren. Die Stromversorgung richtet sich nach der gewünschten Gesamtgestaltung und nach der Häufigkeit des Einsatzes. Ohne speziellen Taktgenerator kommt man z. B. aus, wenn der 26-V-Wechselspannungsausgang des Transverters nach Abschnitt 5.2., mit einem Teiler von 2 × 2,2 MΩ beschaltet, als Taktspannungsquelle herangezogen wird.

Interessant im allgemeinen Sinne ist jedoch die Zähldekade mit dem U 121 D »an sich«. Durch Herausführen aller Ein- und Ausgänge, universell für Zähler, Uhren usw. nutzbar gestaltet, entstand darum die Zähldekade mit LED-Anzeige nach Bild 23. Für die Anzeigespannung ist ein getrennter Anschluß vorhanden, so daß dort auch eine kleinere Spannung als U2 angelegt werden kann. Die Zähldekade besteht aus der Zählerplatte im Format 40 mm × 50 mm und der Anzeigeplatte im Format 40 mm × 15 mm. Beide Platten werden nach dem Bestücken so mit ihren Randanschlüssen zusammengelötet, daß die Zählerplatte mit ihrer Vorderkante auf der Leiterplatte der Anzeigeplatte steht (Bild 23d). Die für den Würfel erforderlichen Brücken sind leicht herzustellen. Dies ist die »sichere« Variante, denn sie entspricht den Vorschriften des Herstellers. Der relativ niedrige Preis des Anfalltyps »verführte« aber noch zu einer unkonventionelleren Variante, die sich jedoch im praktischen Einsatz bewährt hat, wenn sie auch keinesfalls außerhalb der Sphäre des experimentierfreudigen Amateurs benutzt werden sollte – allenfalls wieder mit strombegrenzenden Vorwiderständen. Steht die VQB 71 nicht zur Verfügung, so kann ohne die 7 Transistoren eine oft leichter beschaffbare und zudem noch billigere (als Basteltyp wenig mehr als 4,– M) VQB 37 eingesetzt werden. Sie ist zwar kleiner, kommt aber noch mit 1,5 mA Segmentstrom aus. Diesen Strom liefern – wenn die Anzeigespannung, ggf. mit Z-Diode, entsprechend klein gehalten wird – die Ausgänge des U 121 D ohne Schaden. Im konkreten Fall sollte das am Objekt kontrolliert werden, zumal alle 7 Ausgänge, gleichzeitig belastet, zusammen nur höchstens 15 mA vertragen. Auf diese Weise entstand die Leiterplatte für die Anzeige nach Bild 23c. Die Zählerleiterplatte ist durch Absägen oder gleich durch Aufreiben nur dieses Teils von Bild 23a von der »typofix«-Folie zu gewinnen, wobei die Randbohrungen entfallen. Korrekt, wenn auch dann wieder 50 statt 30mm lang, wird die Zähldekade bei Einsatz von 7 Vorwiderständen auf der entsprechend »leereren« Leiterplatte nach Bild 23a. Die Einsparung beträgt immer noch 7 Widerstände und 7 Transistoren, und auf Tischentfernung ist diese Anzeige noch sehr gut lesbar. Durch die schmalen Anzeigeplatten lassen sich die Dekaden dicht nebeneinander anordnen. Der zu erwartenden Attraktivität dieser beiden Dekadenvarianten entsprechend, befinden sich auf der zugehörigen »typofix«-Folie 4 von ihnen, ausreichend z. B. für eine 4stellige MOS-Uhr, deren Gesamtaufwand durch diese Zähldekade relativ klein wird.

Leider waren zum Manuskriptzeitpunkt noch keine Anfallbauelemente des U 121D in den Handel gelangt.

4.11. 6-Kanal-Sensorschaltung mit U 700 D

Bild 24 zeigt eine Sensorschaltung mit dem U 700 D. Über 6 Sensortasten kann wahlweise je einer von 6 Kanälen eingeschaltet werden. Zur Entprellung der Sensortasten liegt dem Widerstand von 2,2 MΩ ein Kondensator von 4,7 nF parallel. Der zugeordnete Ausgang des U 700 D schaltet bei Ansteuerung des entsprechenden Eingangs mit L auf H. Dabei ist eine Treiberschaltung mit dem U 105 D nicht möglich. Für die Ansteuerung der Anzeige-Leuchtdioden VQA 12 werden npn-Siliziumtransistoren eingesetzt.

Über den Fernsteuereingang e_s kann man seriell »durchtasten«. Dazu folgt dem Taster T eine Entprellschaltung. Für die erforderliche Impulsverkürzung (60 bis 200 μs) liegt vor e_s ein Differenzierglied. An Stelle des Tasters T kann – ähnlich wie beim Ringzähler nach Abschnitt 4.12 mit dem U 311 D – auch ein Taktgenerator eingesetzt werden.

4.12. Wandernder Leuchtpunkt mit U 311 D (Ringzähler)

Nach Bild 25a läßt sich aus 2 Schieberegistern vom Typ U 311 D ein 10stufiger Ringzähler aufbauen. Er wird von einem Taktgenerator (z. B. nach Bild 21a) angesteuert. Zwischen ihm und dem Zähler ist ein Taktformer gemäß Bild 9 notwendig. Die Eingänge e2 bis e5 des ersten und e1 bis e5 des zweiten U 311 D sind mit U2 verbunden. e1 des ersten U 311 D liegt an Masse. Man startet die Schaltung mit der Taste T. Die Eingänge e_p erhalten dadurch L-Potential. Damit wird die Information der (Parallel-) Eingänge auf die Ausgänge geschaltet. Das heißt, a1 schaltet auf L, weil e1 auf L liegt. Alle anderen Ausgänge schalten (wegen H an diesen Eingängen) auf H. Damit öffnet der MOS-Transistor, dessen Gate mit a1 verbunden ist, und die in seinem Ausgangskreis liegende Leuchtdiode leuchtet. Alle anderen MOS-Transistoren sind gesperrt. Nach Anlegen der Takte cp1 und cp2 wird das L durch die Schieberegisterkette »geschoben«, so daß der Leuchtpunkt mit Taktfrequenz-»Geschwindigkeit« von Diode zu Diode springt. Durch Umkehren der Eingaben kann auch ein wandernder Dunkelpunkt erzeugt werden. Dazu muß man lediglich e1 auf H legen, während alle anderen Eingänge L erhalten. Diese Schaltungsart hat aber einen entsprechend höheren Strombedarf. Ordnet man die Leuchtdioden zu einer geometrischen Figur (z. B. Kreis oder Quadrat), so lassen sich mit dieser Schaltung wirkungsvolle optische Effekte, z. B. auf Schautafeln, realisieren. Bei Anschluß von Leistungstransistoren mit Lampen statt der Leuchtdioden erweitert sich der Anwendungsbereich des Ringzählers erheblich. Durch Anfügen weiterer Schieberegister kann man längere Umlaufstrecken ausleuchten. Dabei ist der Hinweis zum Taktformer in Abschnitt 3.8. zu beachten: Ab 4 × U 311 D braucht man 2 Impulsverstärker nach Bild 10!

Durch die Vereinigung von Taktgenerator (2 Gatter Generator, 1 Gatter Pulsversteilerung) und Taktformer (der das noch freie Gatter enthält, siehe Bild 25c) entstand eine »optimale« Leiterplatte (Bestückungsplan nach Bild 25d). Diese Platte hat mit 40 mm ×50 mm das gleiche Format wie der Zählerteil (Bild 25b) und kann daher mit diesem zu einer kompakten Einheit zusammengestellt werden. Fügt man daran noch den Transverterbaustein nach Abschnitt 5.2., der ebenfalls 40 mm × 50 mm groß ist, so ergibt sich eine komplette Lösung dieser u. a. für Schautafelzwecke interessanten Schaltung.

4.13. Einsatzmöglichkeiten der Kombination U 710 D/U 711 D

Die Schaltkreiskombination U 710 D/U 711 D stellt eine Weiterentwicklung des U 700 D dar. Eingangsseitig wird der U 710 D genauso beschaltet wie der U 700 D. Ebenso verhält es sich mit den Ausgängen des U 711 D.

Der Notwendigkeit, 2 Schaltkreise einzusetzen, stehen die Vorteile einer dennoch insgesamt günstigeren Flächenausnutzung, des Gewinns von 2 Schaltkanälen und der leichten »Kaskadierung« gegenüber. Bild 26a zeigt eine 8-Kanal-Sensorschaltung mit U 710 D/U 711 D. Der Ausgang a4 muß in der 8-Kanal-Variante fest mit dem Bulk verbunden werden. Wie beim U 700 D, so besteht auch hier über den Eingang e_s des U 710 D die Möglichkeit des seriellen Betriebs.

Durch eine Belegung e_n = U1 und e4 = L oder e_{VL} = Bulk und e4 = H beim U 711 D werden die Ausgänge gesperrt (ähnlich »Blanking« bei den Zählern U 121 D, U 122 D). Von den Ausgängen des U 711 D werden über Silizium-Transistoren Relais vom Typ NSF 30.5–12 o. ä. angesteuert.

In der Schaltung nach Bild 26b wurden je 2 Schaltkreise U 710 D und U 711 D zu einer 16-Kanal-Variante verknüpft. Die Beschaltung der Eingänge entspricht der nach Bild 26a. Eine Leiterplatte für Bild 26a, die auch für Bild 26b verwendbar ist (geänderte Verbindungen anbringen, Leiterplatte ist entsprechend vorbereitet!), zeigt Bild 26c (Bestückung für 8 Kanäle nach Bild 26c).

Nun noch 2 interessante Möglichkeiten für den fortgeschrittenen Amateur: Durch Zusammenschalten von zwei U 710 D entsteht ein Dezimal-BCD-Dekoder, wie ihn Bild 26d zeigt. Umgekehrt läßt sich ein BCD-Dezimal-Dekoder durch Zusammenschalten von zwei U 711 D realisieren (Bild 26e). Dabei ist zu beachten, daß der U 711 D 1-Transistor-Ausgänge hat, so daß je Ausgang ein Arbeitswiderstand nach U2 geschaltet werden muß. Bei allen Schaltungsvarianten ist die angegebene Beschaltung von e_{VL} unbedingt zu beachten.

5. Stromversorgung von MOS-Schaltkreisen

Zur Erleichterung bei der Wahl der Spannungsquellen für das jeweilige Beispiel (Abschnitt 5.) wurden in Tabelle 4b die erforderlichen Spannungen und die zu erwartenden Ströme (Basis: Markentypen) der vorgestellten Schaltkreise zusammengefaßt. Dazu kommen in den konkreten Fällen eventuell noch Lastströme für Anzeigen, Relais oder andere »Peripherieschaltungen«.

Abgesehen von der Möglichkeit, manche der beschriebenen Schaltungen mit einer kleineren U1 bzw. mit U1 = U2 zu betreiben (Hinweis beim Würfel), steht doch die Forderung, für MOS-IS die Betriebsspannungen U1 = –27 V und U2 = –13 V bereitzustellen. Der Hersteller läßt dabei für U1 25 bis 28 V und für U2 11,5 bis 13,5 V zu. Sofern nur mit dem Schaltkreissortiment selbst gearbeitet wird, bleiben die Ströme bei Amateurbedingungen (d. h. kleinerer Gesamtaufwand) im Bereich einiger Milliampere. Zur »Wirkungsausgabe« benötigt man jedoch mindestens eine oder mehrere Leuchtdioden, die ebenfalls wieder einige Milliampere brauchen, oder es sind Relais zu treiben, oder mit Transistor-Anpaßgliedern werden andere elektronische Schaltungen gesteuert. Für deren Wirkmechanismus sind weitere Ströme und u. U. auch andere Spannungen erforderlich. Sie liegen dann jedoch sicherlich wieder im normalen, gewohnten Bereich des Amateurs. Im folgenden werden daher vorrangig Möglichkeiten behandelt, die beiden genannten Betriebsspannungen mit möglichst kleinem Aufwand zu realisieren. Die Belastbarkeit dieser Quellen soll in etwa dem im Bauplan gebotenen Schaltungssortiment entsprechen.

Bis auf den stromintensiven Teiler in Abschnitt 4.8. (4 × U 112 D brauchen etwa 40 mA bei 27 V!) und den Würfel nach Abschnitt 4.10. (maximal etwa 18 mA bei 27 V für den U 121 D und etwa 50 mA ab 5 V für die Anzeige VQB 71) sind höhere Ströme nur für Anzeigen oder Relais erforderlich. Für alle anderen Experimente kommt man bei 27 V mit weniger als 10 mA und bei 13 V mit weniger als 5 mA aus.

5.1. MOS-Versorgung aus dem Klingeltransformator

Der Klingeltransformator ist für alle, die keine ausreichenden Kenntnisse über das Selbstherstellen »sicherer« Transformatoren haben, auch für MOS-Experimente eine geeignete Quelle. Der fortgeschrittene Amateur wird nach Entfernen der nur mit Lack gesicherten Kernbleche die Sekundärwicklung neu wickeln und damit sofort die richtigen Ausgangsspannungen haben (mit »Zugabe« für die Regelstrecken; die neue Windungszahl ist aus dem Verhältnis der neuen gewünschten Spannung zur ursprünglichen, multipliziert mit der alten Windungszahl, zu ermitteln). Tauscht man den Aluminiumdraht gegen Kupferdraht aus, so wird dabei die entnehmbare Leistung sogar noch etwas höher, da geringere Widerstandsverluste auftreten. Der Anfänger erreicht die geforderten Spannungen aber auch ohne Eingriff. Bild 27 zeigt eine erprobte Schaltung, die im gesamten zulässigen Netzspannungsbereich zwischen etwa 187 V und 242 V für U1 –26 V bis 18 mA Last und –12 V für U2 bis 55 mA Last (also auch für ein Relais oder eine VQB 71 ausreichend) bereitstellt. Diese Werte sollte man durch Aussuchen der Z-Dioden möglichst gut nachbilden (notfalls besser etwas niedriger, also bis 25 V und 11,5 V), denn davon hängt die Funktion bei kleinster Eingangsspannung ab. Bei zu kleiner Eingangs- und zu hoch gewählter Ausgangsspannung gelangen bereits Ladeimpulsspitzen durch den Stabilisierungstransistor. Wenn sie (am Gleichspannungsmesser unbemerkt!) einige Volt erreichen, führt das zu »unerklärlichen« Schaltungsstörungen!

Wenn auch die vom Klingeltransformator zugeführte Leistung nicht gerade groß ist, so kann sie doch für die beiden Transistoren gefährlich werden. Bei einem Kurzschluß von U1 entstehen im betroffenen Transistor immerhin etwa 1,2 W. Außerdem ist es nicht für jede angeschlossene Schaltung günstig, wenn an ihr plötzlich nur eine der beiden Spannungen anliegt. Mit einem Mehraufwand in der Größenordnung von etwa 15,– M (je nachdem, ob man die preisgünstigeren pnp-Typen KF 517 und KT 326 oder nur die teuren KFY 16 oder KFY 18 erhält) läßt sich aber eine Kurzschluß-Abschalteinrichtung mit automatischem Start nach Aufhebung des Kurzschlusses realisieren, bei der stets auch die nichtbetroffene Strecke mit abgeschaltet wird. Bild 28 zeigt die komplette Stabilisierungsschaltung.

Für den Kaskadenteil dieser Stromversorgungseinheit zeigt Bild 29 eine Leiterplatte im Format 50 mm × 80 mm. Sie kann ggf. auf dem Klingeltransformatorgehäuse montiert werden. Der Stabilisierungsbaustein hat das gleiche Format, beide Platten lassen sich daher über Steigdrähte stapeln. Die Stecklötösen wurden zu diesem Zweck neben Bohrungen angebracht, durch die die Steigdrähte nach oben ragen, so daß sie an den Lötösen bauelementeseitig angelötet werden können. Der relativ »lockere« Aufbau dieser zweiten Platte, wenn sie nur mit Stabilisierungsbauelementen bestückt wird, »verdichtet« sich bei Einsatz der Kurzschlußsicherung entsprechend.

Bild 30 zeigt dafür eine Leiterplatte, die also je nach Notwendigkeit mit oder ohne Sicherungsteil bestückt werden kann. Die frei gebliebene Fläche läßt sich z. B. mit Anschlußbuchsen, Leuchtdioden für die Spannungskontrolle und einem Schalter belegen.

5.2. MOS-Versorgung aus beliebigen Spannungsquellen

Transverter sind in der Lage, praktisch aus jeder angebotenen Gleichspannung eine oder mehrere Spannungen zu gewinnen. Eine Ausgangsspannung läßt sich auch im allgemeinen gut regeln, die übrigen haben dann einen größeren »Hub«, der sich aus Eingangsspannungsbereich und Ausgangsbelastung ergibt. Die Schaltung nach Bild 31 geht auf eine Anregung von K.-H. Bläsing zurück (radio–fernsehen–elektronik H. 11/79). Einzelheiten der Funktion sollte man eventuell dort nachlesen. Auf der Leiterplatte nach Bild 32 befindet sich der gesamte Transverter für eine in den MOS-Toleranzen stabilisierte Spannung von etwa 26 V (Wert durch die Z-Dioden bestimmt) bis zu einer Belastung von etwa 20 mA. Eine zusätzliche Wicklung stellt eine Spannung von mindestens 4 V bei etwa 40 mA Belastung bereit. Sie schwankt mit Last und Eingangsspannung bis zu einem maximalen Leerlaufwert von etwa 7,5 V. Das ist für den Zweck (Bereitstellen einer Mindestspannung für die Anzeige des Würfels) jedoch unwesentlich. Aus den 26 V des Transverters gewinnt man erst bei Bedarf U2 über eine Z-Diode von 12 V mit einem Vorwiderstand von 6,8 bis 8,2 kΩ oder, noch einfacher, durch Serienschaltung einer 13- oder 14-V-Z-Diode zu U1, denn meist liegt der Strombedarf der Bauplanschaltungen für U2 unter 2 mA.

Der Transverter kann aus einer Gleichspannung von 3,5 bis 9 V gespeist werden. Je höher sie ist, um so geringer wird der benötigte Strom. Zwischen 4,5 V und 6 V liegt der maximale Wirkungsgrad (Größenordnung etwa 50 bis 60 %). Das heißt, daß bei 3,5 V maximal um 400 mA und bei 9 V etwa 160 mA fließen, wenn die angegebenen Sekundärströme entnommen werden. Damit läßt sich der Würfel aus 1 oder 2 Flachbatterien speisen oder auch aus 3 bis 6 Monozellen, ja sogar aus der Trabantbatterie, ebensogut aber auch aus einem Klingeltransformatornetzteil. Der Kaskadenschaltung gegenüber ergibt sich der Vorteil, daß erheblich an Regeltransistoraufwand gespart wird.

Schwingfrequenz und Oberwellen des Transverters legen Einbau in ein schirmendes Gehäuse und kurze Leitungen zur Stromquelle nahe. Man wird sich in der Nähe eines Rundfunkempfängers auf Lang-, Mittel- und Kurzwelle von der Wirksamkeit dieser Maßnahmen überzeugen und in hartnäckigen Fällen mit weiteren Siebgliedern arbeiten müssen.

6. Ätzfeste »typofix«-Folien zum Bauplan

Im Bauplanformat A 5 werden auch dieses Mal wieder – parallel und damit aktuell – vom Grafischen Spezialbetrieb Saalfeld 2 ätzfeste »typofix-electronic-special«-Bögen zur rationellen, sauberen und fehlerfreien Selbstherstellung aller Leiterplatten dieses Bauplans angeboten. (Ausnahme: Der Teiler 1 : 12 konnte wegen seines ausgefallenen Formats nicht mehr untergebracht werden. Interessenten »montieren« ihn am besten aus Teilbildern!)

Bei der Materialfülle und der hohen Lötstellendichte in den bewährten »Bauplan-Standard«-Formaten 40 mm × 50 mm und 50 mm × 80 mm ist diese Erleichterung bei der Konzentration auf das Endprodukt besonders spürbar. Kleinere Einheiten fanden auf dem halbierten und geviertelten 40 × 50-Format Platz: 40 mm × 25 mm und 20 mm × 25 mm sind bereits aus dem nicht mehr hergestellten System »Amateurelektronik« geläufige Formate. Sie zeigen, daß auch die Hochvolt-MOS-Technik recht kleine Funktionseinheiten bringt. Sonderformate sind die den Zähldekaden mit VQB 71 und VQB 37 angepaßten Anzeigeplättchen in den Größen 40 mm × 15 mm und 40 mm × 10 mm. Der verfügbare Platz wurde bei einigen der 20 × 25-Plättchen durch Verdoppeln des Angebots in Form je einer 40 × 25-Platte bestmöglich genutzt. Das heißt, daß der Entpreller nach Bild 13d und das Sensor-Flip-Flop nach Bild 15b jeweils 2mal zur Verfügung steht. Für umfangreichere Schaltungen, wo diese Einheiten 2mal benötigt werden, kann man sie also gleich auf einer einzigen Platte gemeinsam verarbeiten. Schaltkreisbedingt 2fach ist auf 40 mm × 25 mm auch der Entpreller nach Bild 13c vorhanden. Die aktuelle Anschlußart aller dieser Platten besteht in eingelöteten Drähten zum (auch wieder lösbaren) Übergang auf größere Trägerplatten (z. B. Streifenleiterplatten) oder in Stecklötösen. Auf Blatt 1 zu »Bauplan 43« befinden sich: 4 Zähldekaden 40 × 50 (interessant für Uhren- und Zählerbauer!), 4 Anzeigeplatten 40 × 15 für VQB 71, 2 Anzeigeplatten 40 × 10 für VQB 37, 2 Stück 8-Kanal-Sensoren (auf 1 × 16 Kanäle kaskadierbar!), Format 40 × 50, 1 Teiler 1 : 2 (20 × 25), 1 Frequenzverdoppler 20 × 25 sowie der Transverterbaustein für Betrieb der Bausteine aus einer Kleinspannung (Format 40 × 50).

Blatt 2 enthält: Gleichrichterkaskade 50 × 80 für die Spannungserzeugung aus einem Klingeltransformator, zugehörige Stabilisierungseinheit mit Kurzschlußsicherung, ebenfalls im Format 50 × 80, stapelbar mit der Gleichrichterkaskade, Größe dem Klingeltransformator KT 07 angepaßt, 10stufiger Leuchtpunktumlauf (40 × 50), Taktgenerator mit Taktformer (für U 311 D; durch Format 40 × 50 mit der Leuchtpunktplatte stapelbar), je 2 Entpreller nach Bild 13c (40 × 25) und Bild 13d (2 × 20 × 25), 2 × Sensor-Flip-Flop nach Bild 15b (2 × 20 × 25), Teiler 1 : 4 (40 × 25), Taktgenerator (auch zu sperren oder als Quarzgenerator verwendbar) in 40 × 25, 4-bit-Vergleicher (40 × 25).

7. Bezugsquellen und Preise (Stand Mai 79)

Die Folien sowie das aktuelle MOS-IS-Angebot führen wiederum der Konsum-Elektronik-Versand 7264 Wermsdorf, Postfach (DDR-Versand und Ladenverkauf), sowie für Direktkäufer RFT-Amateur-Filialen in Bezirksstädten (Berlin, Erfurt, Leipzig und weitere – bitte dort nachfragen!). Die Preise des Typensortiments befinden sich bereits in Tabelle 4! Bei Manuskriptabschluß zeichneten sich allgemeine, von der Verkaufsstelle nicht beeinflußbare Lieferprobleme des Wermsdorfer Versandhauses ab. (Die typofix-Folien sind davon jedoch nicht betroffen!) Die Autoren hoffen, daß sich diese Lage bis zum Erscheinen des Bauplans wieder normalisiert hat.

8. Literatur

Im Bauplan wurde auf folgende Druckerzeugnisse des VEB Funkwerk Erfurt, Betrieb im Kombinat Mikroelektronik, zurückgegriffen:

- MOS-Schaltkreise-Datenbuch, Ausgabe 77
- MOS-Feldeffekttransistoren, Applikationsbeispiele, Ausgabe 76
- MOS-Schaltkreise, Information – Applikation
- Halbleiter-Anfallbauelemente Ausgabe 76 (grünes Heft)
- Halbleiter-Anfallbauelemente Ausgabe 78 (weißes Heft)

Weiterhin wird folgende Literatur des Militärverlages der DDR zur vertiefenden Einarbeitung in die behandelte Materie empfohlen:

- H. Jakubaschk: Das große Schaltkreis-Bastelbuch (1978)
- M. Lessen: Feldeffekttransistoren – Eigenschaften und Anwendungen, Reihe »electronica«, Bd. 131
- H. Jakubaschk: MOSFET-Schaltungspraxis – Schaltbeispiele mit Feldeffekttransistoren, Reihe »electronica«, Bd. 143
- H. Jakubaschk: MOSFET-Schaltungspraxis, Teil 2, Reihe »electronica«, Bd. 162
- H. Kühne: Schaltbeispiele mit digitalen p-Kanal-MOS-Schaltkreisen, Reihe »electronica«, Bd. 163
- K. Schlenzig und K. H. Bläsing: Schaltbeispiele mit dem Rechnerschaltkreis U 820 D/U 821 D, Reihe »electronica«, Band 179

Bild 5

U 102 D
3-Eingangs-NOR-Gatter (2fach)

U 103 D
$\overline{\text{RST}}$-Flip-Flop

4

U 104 D
Äquivalenz-Antivalenz-Gatter (2fach)

U 106 D
2-Eingangs-NOR-Gatter (4fach)

U 107 D
2-Eingangs-AND-Gatter (3fach) und 2-Eingangs-AND/NAND-Gatter

U 108 D
JK-Flip-Flop (2fach)

U 112 D
Frequenzteiler mit sieben 1 : 2-Teiler-Stufen

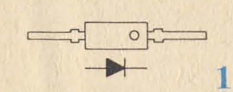
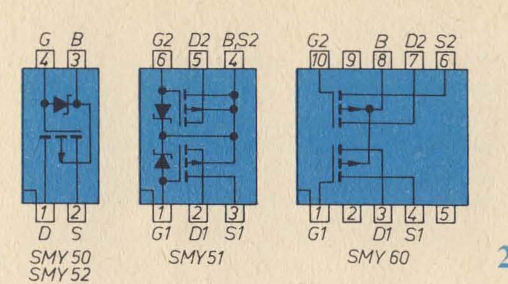
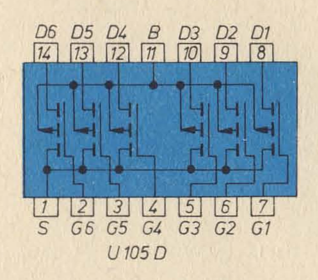


Bild 1
Bauform der Diodentypen SA 403, SA 412 und SA 418

Bild 2
Anschlußbilder der MOS-Einzel- und -Doppel-Transistoren (von oben gesehen)

Bild 3
6fach-MOS-Transistor U 105 D, Anschlußbild (von oben gesehen)





3

Bild 6
Frequenzteiler U 112 D, Innenschaltung (symbolisch)

6

Bild 7
Synchrone Zählerschaltungen; a – mit U 121 D, b – mit U 122 D

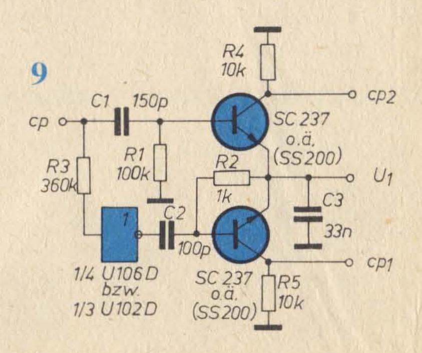
7

Bild 8
Taktbedingungen für das statische 5-bit-Schieberegister U 311 D

8

Bild 9
Taktformerschaltung für die Bereitstellung der beiden Takte entsprechend Bild 8 für den U 311 D (eine Leiterplatte dazu, die gleichzeitig Taktgenerator und 2 Leistungsstufen enthält, ist in Bild 25 enthalten!)

9



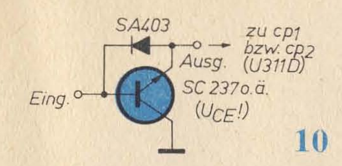


Bild 10
Impulsverstärker für Bild 9 bei Anschluß von mehr als 4 Schaltkreisen des Typs U 311 D

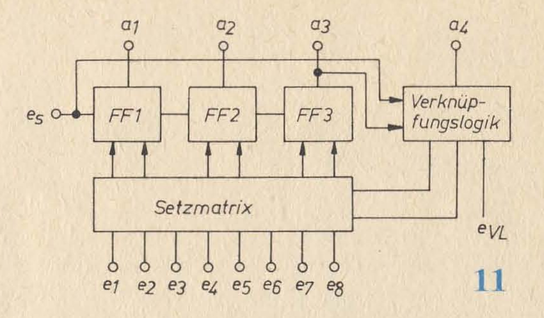


Bild 11
8-Kanal-Sensorschaltkreis U 710 D, Übersichtsschaltplan

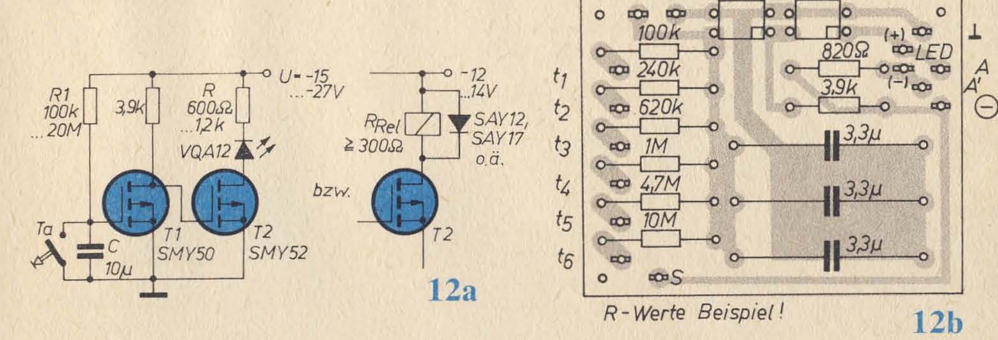
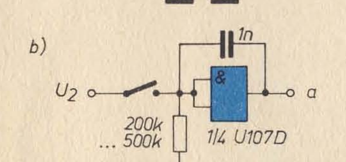
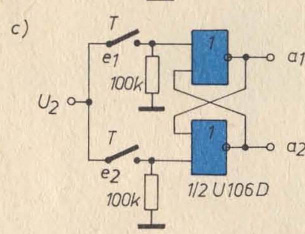


Bild 12
Kurzzeitschalter mit Lichtsignal für die Dauer der durch R und C bestimmten Zeit oder für Anschluß einer Schaltstufe; a – Stromlaufplan, b – Bestükkungsplan





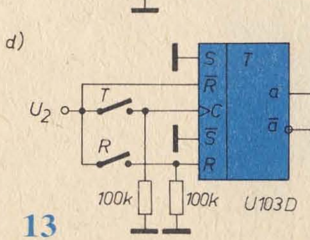
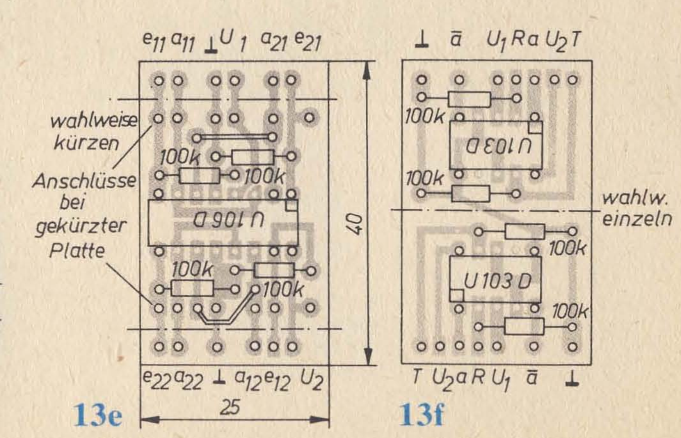


Bild 13
Entprellschaltungen; a – mit RC-Glied, b – mit Gatter, c – mit Flip-Flop aus 2 Gattern, d – mit $\overline{RS}$T-Flip-Flop; e – Bestückungsplan zu c (2fach) beide Masseanschlüsse verbinden, f – Bestückungsplan zu d (2fach, trennbar)



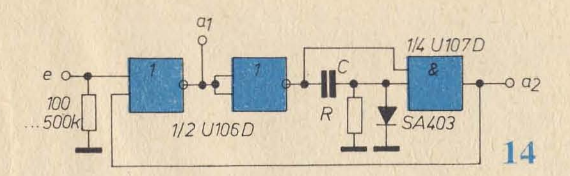
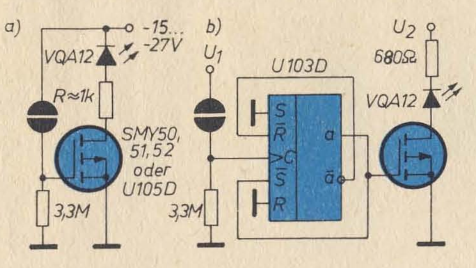
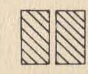
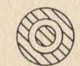


Bild 14
Monoflop mit U 106 D und U 107 D (ohne Leiterplatte, da nur wirtschaftlich, wenn restliche Gatter von U 106 D und U 107 D noch anderweitig eingesetzt werden)

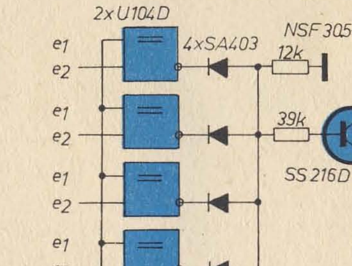


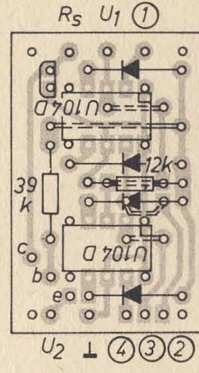




15

Bild 15
a – Sensorschalter mit MOS-Transistor, b – Sensorschalter mit $\overline{RS}$T-Flip-Flop U 103 D, c – mögliche Sensorflächen, d – Bestückungsplan zu b (2fach), gegenüber 15b Lage von LED und R vertauscht. Widerstand 680 Ω bis 1 kΩ





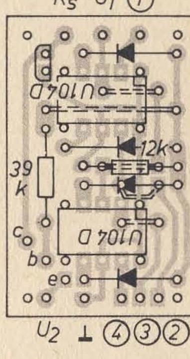
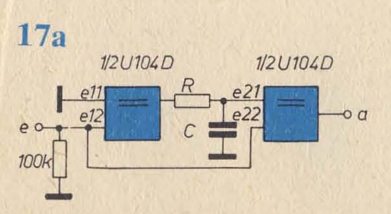


Bild 16
4fache Vergleicherschaltung (z. B. für Digitaluhren zur Weckzeitauswertung) mit 2 × U 104 D; a – Stromlaufplan, b – Bestükkungsplan, R_s = Relais. Die Ziffern bezeichnen die Eingänge des Vergleichers

Bild 17
Frequenzverdoppler mit U 104 D; a – Stromlaufplan, b – Bestükkungsplan. Achtung! Neben Masseanschluß Anschluß e nachtragen, ist mit 100 kΩ verbunden



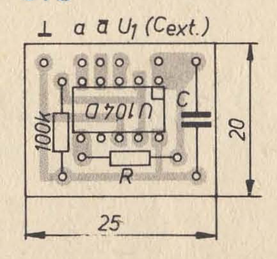
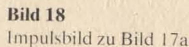
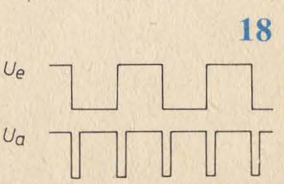
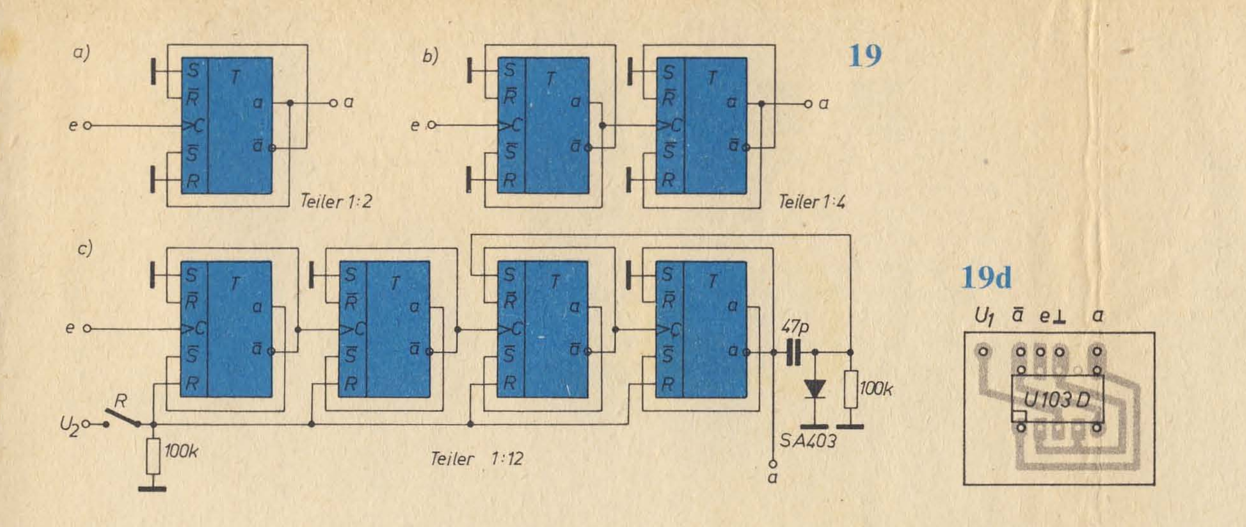
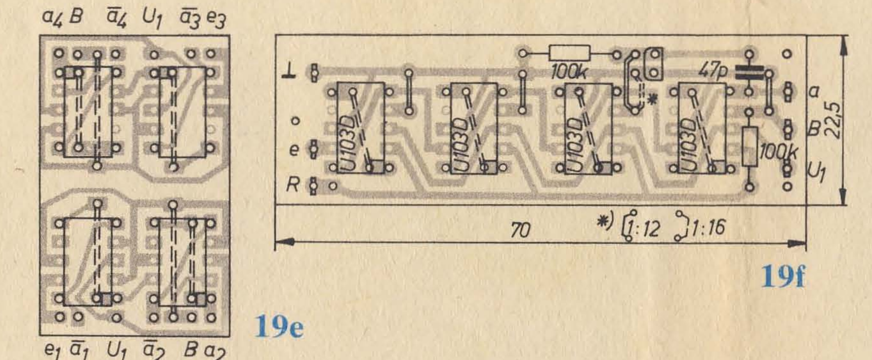
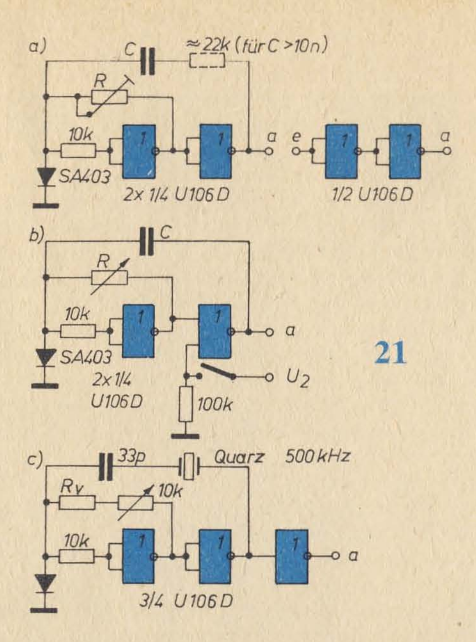


Bild 18
Impulsbild zu Bild 17a







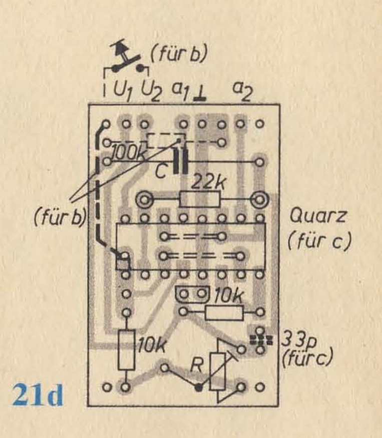
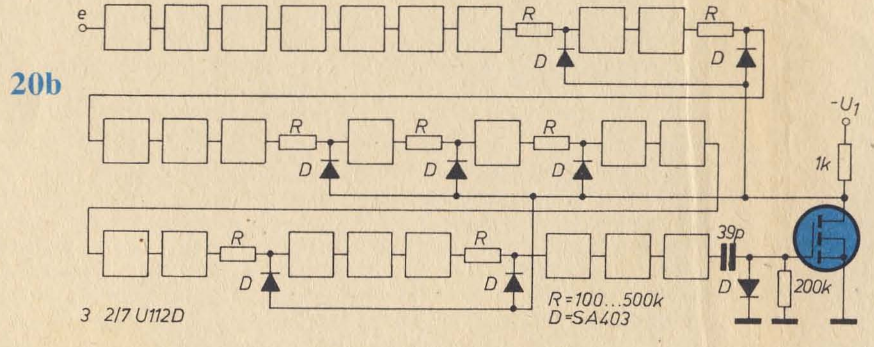


Bild 19
Frequenzteiler mit dem $\overline{RST}$-Flip-Flop U 103 D; a – 1 : 2, b – 1 : 4, c – 1 : 12 (aus 1 : 16 durch Rückführung entstanden) mit Rückstellmöglichkeit (r), d – Bestückungsplan zu a, e – Bestückungsplan für 2 × 1 : 4 (1 × 1 : 16) zu b; IS: 4 × U 103 D, B ist Masse, f – Bestückungsplan zu c (kann als 1 : 12 oder als 1 : 16 geschaltet werden). Achtung! Bei e ist Anschluß $\overline{a}_4$ mit dem darunterliegenden IS-Anschluß verbunden!



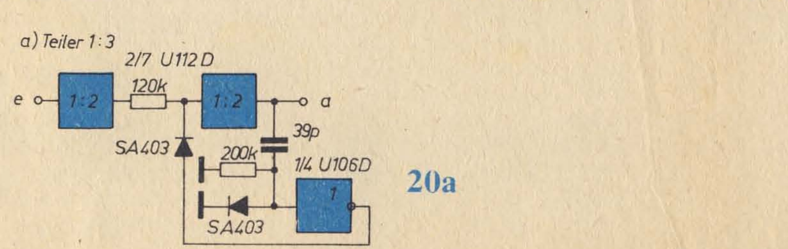


Bild 20
Frequenzteiler mit dem U 112 D: a – 1 : 3, b – 1 : 6 000 000 (entspricht 100 kHz auf 1 Minute) für Uhren-Minutentakt von 100-kHz-Quarz-Generator aus (ohne Leiterplatte, da diese stark von Uhrenkonstruktion beeinflußt wird)

Bild 21
Multivibratorschaltungen mit dem U 106 D: a – freischwingend, wahlweise mit Flankenversteilerung durch 2 weitere Gatter, b – sperrbar, c – Quarzgenerator, d – Bestückungsplan zu Variante a, IS: U 106 D. Achtung! Für b freien Anschluß des gestrichelten 100-kΩ-Widerstands mit darüberliegendem Anschluß für Taste verbinden und IS-Anschluß 1 vom nach unten laufenden Leiterzug trennen. Stromlaufpläne etwas abweichend (Anordnung von Rv und R)

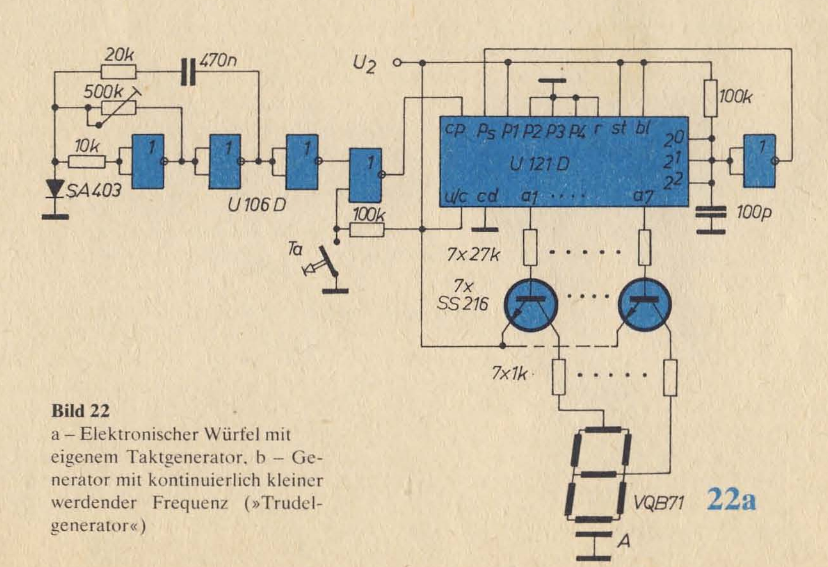


Bild 22
a – Elektronischer Würfel mit eigenem Taktgenerator, b – Generator mit kontinuierlich kleiner werdender Frequenz (»Trudelgenerator«)

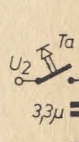


Tabelle 1 Elektrische Kennwerte der Anfalltypen zu SA 403, SA 412 und SA 418

		SA 403	SA 412	SA 418
Durchlaßgleichstrom	I_{Fmax}	30	80	100 mA
Sperrgleichspannung	U_{Rmax}	25	20	80 V
Sperrstrom	I_R	$\leq$ 800 nA	$\leq$ 1 μA	
differentieller Durchlaßwiderstand	r_F	–	$\leq$ 2	–
Farbpunkt der Katode		rot	gelb	grün

Tabelle 2 MOS-Transistoren, elektrische Kennwerte der Anfalltypen

		SMY 50	SMY 51	SMY 52
Drainstrom	$I_{D\,max}$	25	20	60 mA
Drain-Source-Spannung	$U_{DS\,max}$		–31 bis +0,3	V
Gate-Source-Spannung	$U_{GS\,max}$		–31 bis +0,3	V
Gatestrom	I_{GSS}		$\leq$100	μA
Schwellspannung	U_T		–2,5 bis –7	V
Verlustleistung	$P_{DS\,max}$	225	200 je Transistor	300 mW

Tabelle 3 MOS-Schaltkreise, elektrische Kennwerte der Anfalltypen (dynamische Kennwerte werden nicht gemessen)

Betriebsspannungen	$U_1 = -27^{-1}_{+2}$ V
	$U_2 = -13^{-0,5}_{+1,5}$ V
Ausgangsspannung	»L« : $U_{aL} \leq -9$ V
	»H« : $U_{aH} \geq -2$ V
Eingangsreststrom	$I_e \leq 100\ \mu$A
Grenzwerte:	
Betriebsspannungen:	U1, U2 = –31 V bis +0,3 V
Eingangsspannung:	U_e = –25 V bis +0,3 V

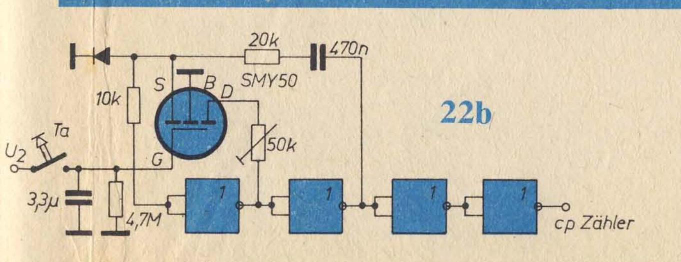


Tabelle 4 Im Bauplan behandelte MOS-Transistoren und MOS-Schaltkreise mit Preisen, Stand Mai 1979, und mit Spannungs- und Strombedarf; –U1 = 27 V (+2 V, –1 V), –U2 = 13 V (+1 V, –1,5 V), bezogen auf Markentypen

MOS-Transistoren	Preis (EVP)
SMY 50 p-Kanal-MOS-Transistor kleiner Leistung	1,40 M
SMY 51 p-Kanal-Doppel-MOS-Transistor kleiner Leistung	2,90 M
SMY 52 p-Kanal-MOS-Transistor mittlerer Leistung	2,90 M
SMY 60 p-Kanal-MOS-Doppeltransistor ohne Gateschutzdiode	3,80 M

MOS-Schaltkreise		–U1	–U2	–I1	–I2
U 102 D 3-Eingangs-NOR-Gatter (2fach)	3,30 M	×	–	1 mA	–
U 103 D $\overline{RS}$T-Flip-Flop	3,90 M	×	–	2 mA	–
U 104 D Äquivalenz-Antivalenz-Gatter (2fach)	5,85 M	×	–	2,6 mA	–
U 105 D 6fach-MOS-Feldeffekttransistor	6,05 M	siehe	Tabellle 2		
U 106 D 2-Eingangs-NOR-Gatter (4fach)	3,90 M	×	×	1,5 mA	0,1 mA
U 107 D 2-Eingangs-AND-Gatter (3fach) und 2-Eingangs-AND/NAND Gatter	3,90 M	×	×	2 mA	0,7 mA
U 108 D J-K-Flip-Flop (2fach)	11,60 M	×	×	7 mA	3 mA
U 112 D Frequenzteiler mit sieben 1:2-Teilerstufen	9,40 M	×	–	10 mA	–
U 121 D 4-bit-BCD-Vor/Rückwärtszähler	9,75 M	×	×	10… 18 mA	1,5… 3 mA
U 122 D 4-bit-binärer Vor/Rückwärtszähler	9,75 M	×	×		
U 311 D statisches 5-bit-Schieberegister	4,60 M	1)	×	1)	0,8 mA
U 700 D Programmwahlschaltkreis (6 Kanäle)	8,85 M	×	–	1 mA	–
U 710 D 8-Kanal-Sensorschaltkreis	2,45 M	×	–	2,4 mA	–
U 711 D Dekodierschaltkreis	2,00 M	×	–	0,6 mA	–
U 352 D dynamisches 64-bit-Schieberegister	5,30 M				

Nur zur Information:
U 821 D Taschenrechnerschaltkreis 21,10 M
(vgl. electronica-Broschüre Nr. 179!)
1) $-U_{cpL}$ = 26 ±2 V, $-I_{cp2} \approx$ 1 mA

Tabelle 5 Funktionstabellen der NOR-Gatter-Schaltkreise U 102 D (a) und U 106 D (b)

U 102 D

e_1	e_2	e_3	a
H	H	H	L
L	H	H	H
H	L	H	H
L	L	H	H
H	H	L	H
L	H	L	H
H	L	L	H
L	L	L	H

U 106 D

e_1	e_2	a
H	H	L
H	L	H
L	H	H
L	L	H

Tabelle 6 Funktionstabelle des Äquivalenz-Antivalenz-Gatterschaltkreises U 104 D

e_1	e_2	a	$\overline{a}$
H	H	L	H
H	L	H	L
L	H	H	L
L	L	L	H

Tabelle 7 Funktionstabelle des AND-Gatter-Schaltkreises U 107 D

e_1	e_2	a	$\overline{a}$
H	H	H	L
H	L	H	L
L	H	H	L
L	L	L	H

Tabelle 8 Funktionstabelle des $\overline{RS}$T-Flip-Flop U 103 D

Eingänge					Ausgänge	
R	S	$\overline{R}$	$\overline{S}$	cp	A	$\overline{A}$
H	L	H	H	H	L	H
H	H	H	H	H	L	H
H	H	H	L	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L
H	H	H	H	H	H	L
H	H	L	H	H	H	L
H	L	H	H	H	L	H
H	H	H	L	H/L/H	H	L
H	H	L	H	H/L/H	L	H

Eingänge		Ausgänge	
$\overline{R}$	$\overline{S}$	$A_{(tn)}$	$A_{(tn+1)}$
H	H	H	verbot. Zust.
L	H	H	L
H	L	H	H
L	L	H	H
H	H	L	verbot. Zust.
L	H	L	L
H	L	L	H
L	L	L	L

Tabelle 9 Funktionstabelle des 2fach-JK-Flip-Flop U 108 D

t_n		t_{n+1}
j	k	A
H	H	A_n
L	H	L
H	L	H
L	L	A

S	R	A	$\bar{A}$
H	H	keine Änderung	
L	H	L	H
H	L	H	L
L	L	undefiniertes Verhalten	

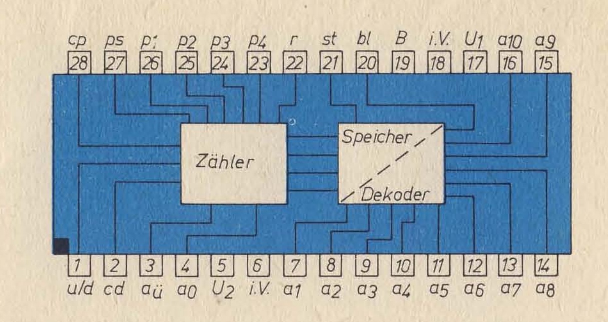
$j = j_1 + j_2$ t_n Zeit vor dem Taktimpuls
$k = k_1 + k_2$ t_{n+1} Zeit nach dem Taktimpuls

Tabelle 10 Bedeutung der Anschlüsse der Zählerschaltkreise U 121 D und U 122 D

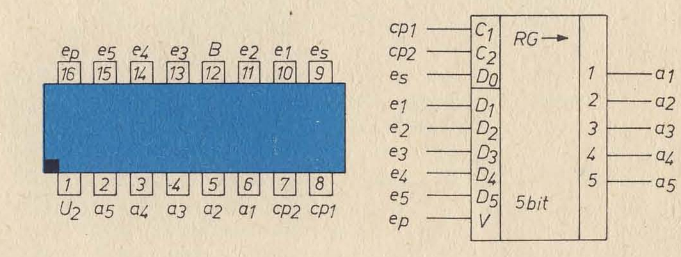
Anschluß	Erläuterung	U 121 D	U 122 D
1 u/d	Zählweise rückwärts	H	L
	vorwärts	L	H
2 cd	Freigabe Zähleingang	H	H
3 $a_ü$	Übertrag	H vorwärts bei LHHL rückwärts bei HHHH	H vorwärts bei LLLL rückwärts bei HHHH
4 a_0	Erfassung Zählerstand	L bei LHHH und LHHL	L bei HHHH
7 a1		a	2^0
8 a2		b	$\overline{2^0}$
9 a3		c	2^1
10 a4		d	$\overline{2^1}$
11 a5		e	2^2
12 a6	Ausgänge	f	$\overline{2^2}$
13 a7		g	2^3
14 a8		2^2	$\overline{2^3}$
15 a9		2^1	Pseudotetrade
16 a10		2^0	Paritätsbit auf ungerade Anzahl ergänzend
20 bl	Sperrung der Ausgänge	H a1 bis a7 schalten auf L, andere Ausgänge ohne Einfluß	L a1 bis a10 schalten auf H
21 st	Speicherübernahme	L	L
23 p4			
24 p3			
25 p2	Dateneingänge		
26 p1			
27 p_s	Daten einschreiben bei	H	L
28 cp	Zähleingang		
Ausgänge		Eintransistor	Gegentakt
Zählende Flanke		HL	LH

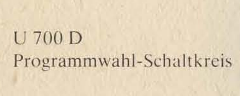
Impulsanstiegszeit für Zähleingang $\leq 2\,\mu s$
Impulsanstiegs- bzw. -abfallzeit für alle übrigen Eingänge $\leq 20\,\mu s$
Impulsbreite $\geq 1\,\mu s$
Verzögerungszeiten etwa $\leq 4\,\mu s$
Ausgangsstrom der Ausgänge $\leq 1{,}5$ mA

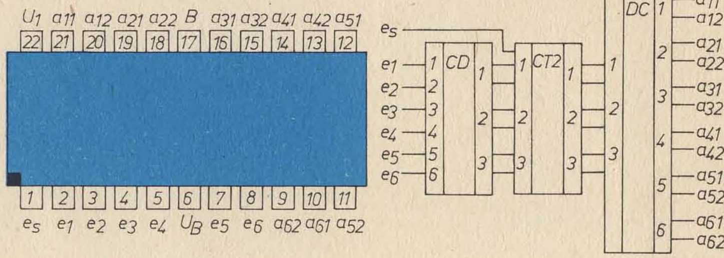
U 121 D
4-bit-BCD-Vor-/Rückwärts-zähler
U 122 D
binärer 4-bit-Vor-/Rückwärts-zähler

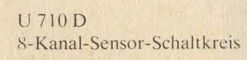


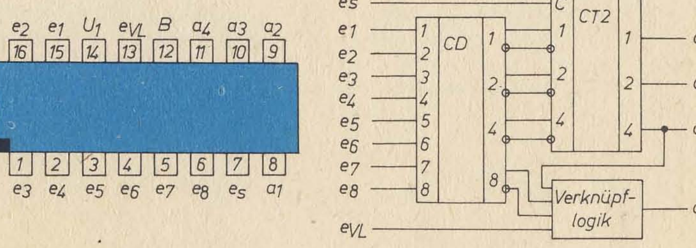
U 311 D
statisches 4-bit-Schieberegister



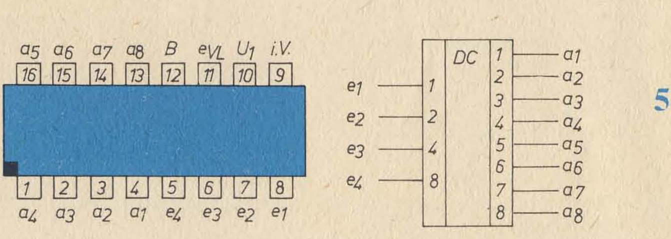

U 700 D
Programmwahl-Schaltkreis




U 710 D
8-Kanal-Sensor-Schaltkreis



U 711 D
Dekodierschaltkreis



5

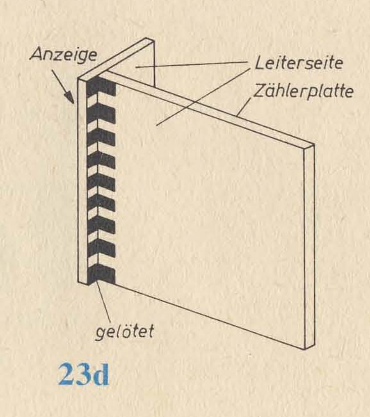
7xSS 216c o.ä.
7x≈1,5k
U/d Ü U2
UAnz. k** cd a0 2²
Dez.P.* d c e f b a g Anode*
Dez.P.* cp ps P1 P2 P3 P4 r st bl ⊥ U1 2⁰ 2¹
U 121 D
7x≈39k
entfällt für VQB 37
(Dez.P.**)
*) bei VQB 71
**) bei VQB 37

23a

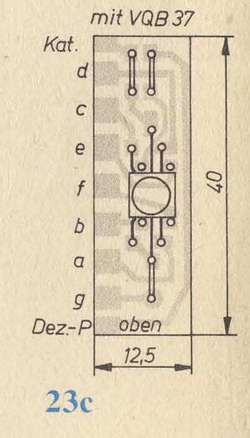
mit VQB 71
Dez.P d c e f b a g Anode
oben
40
15

23b

Bild 23
Zähldekade mit U 121 D; a – Bestückungsplan für Zähldekade bei VQB 71 – Anschluß, b – Anzeigeplatte mit VQB 71, c – mit VQB 37 in direkter Ansteuerung, d – so wird montiert

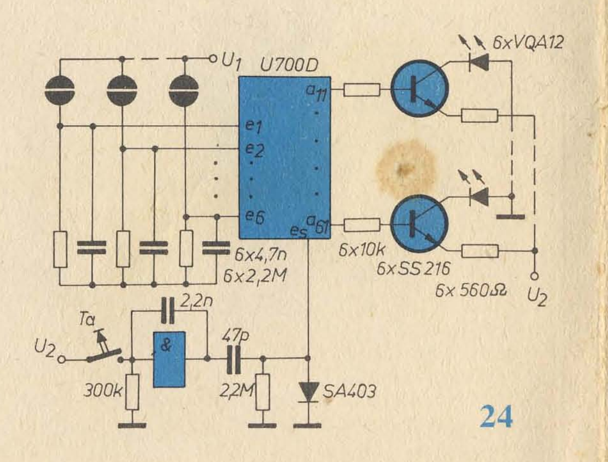


23d

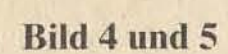


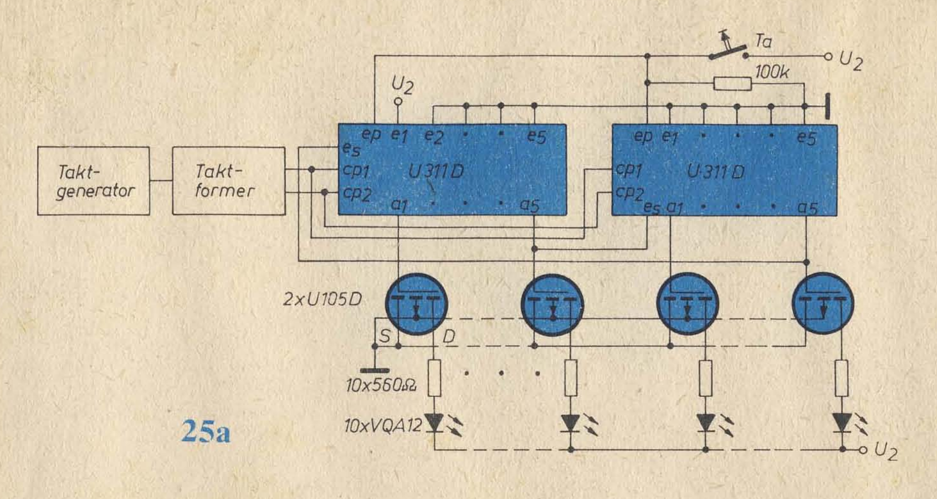
23c

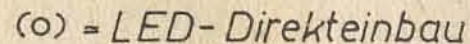
Bild 24
Sensorschaltung für 6 Kanäle mit U 700 D (die Leuchtdioden können durch Schaltstufen oder Relais ersetzt werden)

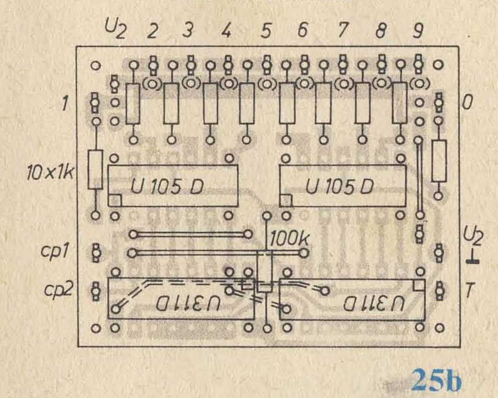


24


Bild 4 und 5
Anschlußbelegungen (von oben gesehen) und logische Schaltbilder der im Bauplan behandelten MOS-Schaltkreise







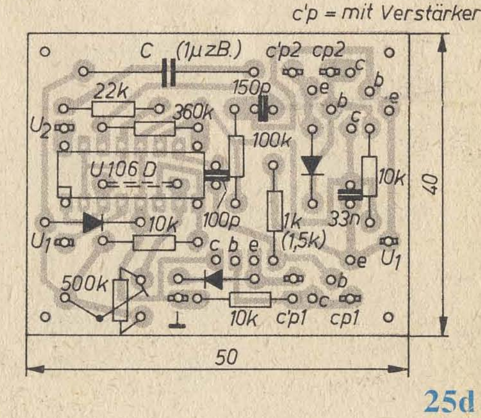


Bild 25
10-Schritt-Ringzähler mit zwei 5-bit-Schieberegistern U 103 D und 2 × U 105 D als Treiber;
a – Stromlaufplan, b – Bestückungsplan des Zählerteils (wahlweise einschließlich der Leuchtdioden). Statt der Leuchtdioden können auch Schaltstufen angeschlossen werden, Achtung! Anschluß 11 des rechten U 311 D ist mit 12 bis 15 verbunden,
c – Kombination Taktgenerator + Taktformer,
d – Bestückungsplan zu c

25c

1. Auflage, 1.–25. Tausend · © Militärverlag der Deutschen Demokratischen Republik (VEB) – Berlin, 1980 · Cheflektorat Militärliteratur · Lizenz-Nr. 5 · LSV: 3539 · Lektor: Rainer Erlekampf · Zeichnungen: Manfred Schulz Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Hannelore Lorenz · Vorauskorrektor: Ingeborg Kern · Korrektor: Eva Plake · Printed in the German Democratic Republic · Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Sachsendruck Plauen · Redaktionsschluß: 23. August 1979 · Bestellnummer: 746 165 6

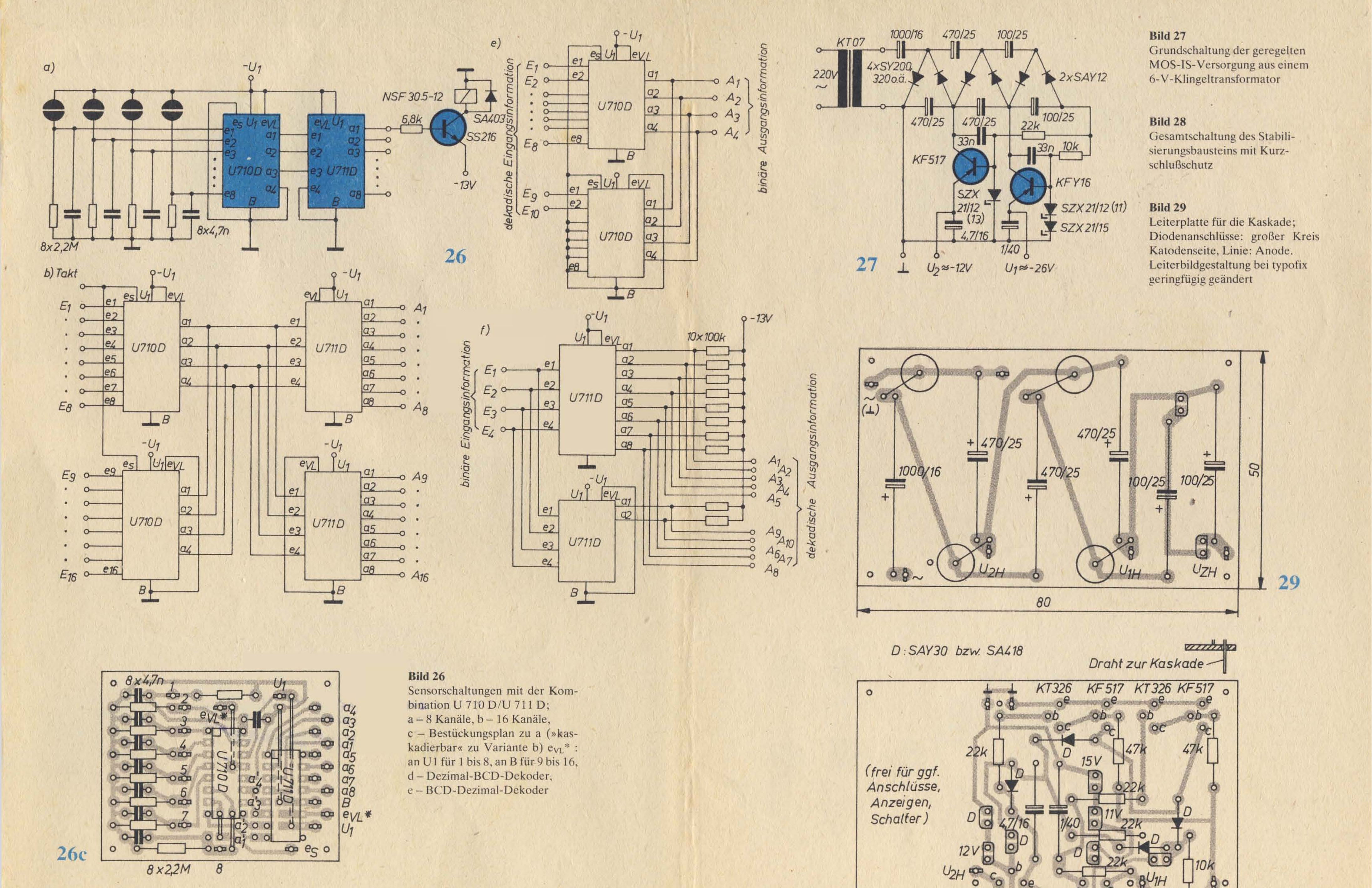


Bild 26
Sensorschaltungen mit der Kombination U 710 D/U 711 D;
a – 8 Kanäle, b – 16 Kanäle,
c – Bestückungsplan zu a (»kaskadierbar« zu Variante b) e_{VL}* : an U1 für 1 bis 8, an B für 9 bis 16,
d – Dezimal-BCD-Dekoder,
e – BCD-Dezimal-Dekoder

Bild 27
Grundschaltung der geregelten MOS-IS-Versorgung aus einem 6-V-Klingeltransformator

Bild 28
Gesamtschaltung des Stabilisierungsbausteins mit Kurzschlußschutz

Bild 29
Leiterplatte für die Kaskade; Diodenanschlüsse: großer Kreis Katodenseite, Linie: Anode. Leiterbildgestaltung bei typofix geringfügig geändert

30

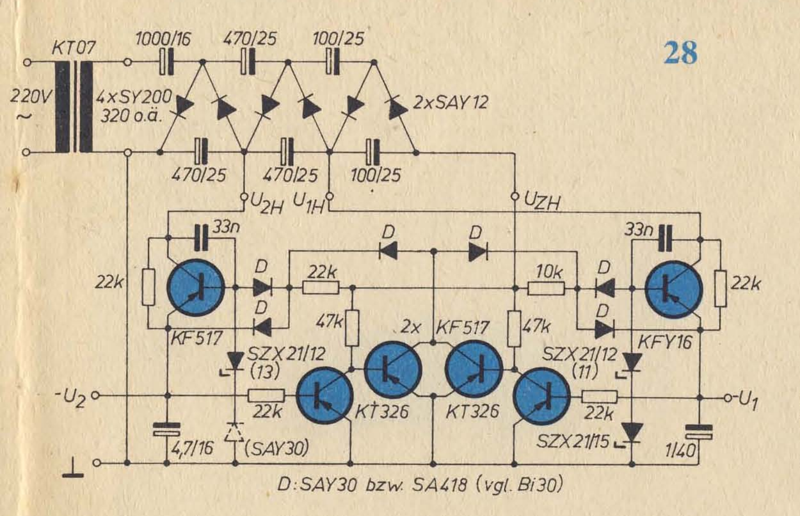


Bild 32
Bestückungsplan zu Bild 31. Nicht bezeichnete Dioden: SZX 21/22 und SZX 21/5,6

Bild 30
Leiterplatte für den Stabilisierungsbaustein. Achtung! Freiliegender 22-kΩ-Anschluß ist mit darüberliegender Leitung verbunden; freiliegender 4,7/16-Anschluß mit Masseleitung (darüberliegend)

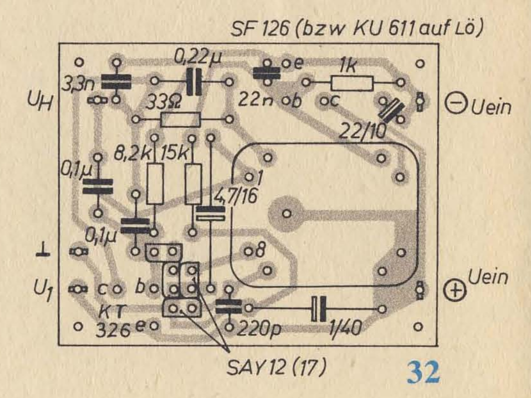


Bild 31
Transverter für MOS-Schaltungen bis zu etwa 20 mA Belastung an U1; Gewinnug von U2 über Serienschaltung einer 13- bis 14-V-Z-Diode bei Strömen von einigen Milliampere; Hilfsspannung von etwa 5 V für Anzeigen bis etwa 40 mA. Je nach Gesamtbelastung als Transistor SF 127 D, BSY 34 (direkt eingelötet) oder KU 611 (auf Kühlblech 40 mm × 50 mm)

